

Waterbeheer 21^e eeuw voor Zeeland

Rapportage werkgroep Hydrologie Aanpak Wateroverlast

Versie 1.1
26 januari 2004

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Wat is een deelstroomgebiedsvisie	1
1.2	Taak van de werkgroep Hydrologie	1
1.3	Leeswijzer	1
2	De Zeeuwse situatie en gehanteerde uitgangspunten	2
2.1	Maaiveldhoogte	2
2.2	Oppervlaktewaterpeil en afwatering	2
2.3	Relatie met het hoofdsysteem	2
2.4	Grondwaterstand en ontwatering	3
2.5	Neerslagduur, -volume en -intensiteit	4
2.6	Gebiedsneerslag	4
2.7	Seizoensinvloed	4
2.8	Afvoercapaciteit	5
2.9	Berging in bodem en oppervlaktewater	5
2.10	Normering	5
2.11	Faalkansen	5
3	Mogelijke maatregelen	6
3.1	A Maatregelen voor meer bergen van overtollig water	6
3.1.1	A1 Structurele peilverlaging	6
3.1.2	A2 Verruiming van waterlopen en natuurvriendelijke oevers	7
3.1.3	A3 Tijdelijk hogere peilen (bergen)	7
3.2	B Anticiperend afvoeren	8
3.2.1	B1 Tijdelijke peilverlaging (flexibel peilbeheer)	8
3.3	C Extra berging door overstroming	8
3.3.1	C1 Overstroming van een begreind gebied	8
3.3.2	C2 Overstroming van een onbegreind laag gebied	9
3.4	D Uitbreiding van de afvoercapaciteit	9
3.4.1	D1 Uitbreiding capaciteit bestaande gemalen	10
3.4.2	D2 Uitbreiding capaciteit met extra of vervangend gemaal	10
3.4.3	D3 Maken suatiesluizen	11
3.4.4	D4 Verhoging afvoercapaciteit waterlopenstelsel	11
3.4.5	D5 Verhoging afvoercapaciteit duikers en stuwen	12
3.4.6	D6 Uitbreiden drainagecapaciteit	12
3.5	Conclusies	12
4	Werkwijze	14
4.1	Landelijk gebied	14
4.2	Stedelijk gebied	15
4.3	Werkwijze samenvattend	15
5	Knelpunten in de bestaande situatie	16
5.1	Landelijk gebied	16
5.1.1	Inundatie	16
5.1.2	Schade door te hoge grondwaterstanden	16
5.2	Bebouwd gebied	17
6	Resultaten	20
6.1	Algemeen	20
6.2	Vasthouden (tijdelijk bergen)	20
6.3	Ruimte en kosten bij scenario's om wateroverlast door overstroming te voorkomen	21
6.3.1	Toename neerslagintensiteit als gevolg van de klimaatontwikkeling	21
6.3.2	Aanpassingen riolering in bebouwd gebied	24
6.3.3	Intensivering drainage	25
6.3.4	Verhoging grondwaterstand in deelgebied Laag	26
6.3.5	Verhoging grondwaterstand in deelgebied Middelhoog en Hoog	27
6.4	Effecten van maatregelen op landbouwschade	27
6.4.1	Maatregelen om wateroverlast door overstroming te verminderen	28
6.4.2	Maatregelen om wateroverlast door te hoge grondwaterstanden te verminderen	28
7	Resultaten opgenomen in Deelstroomgebiedsvisie	31
8	Leerpunten/wetenswaardigheden	34

8.1	Effect drainage op berekende inundatie	34
8.2	Schade afname bij verdubbeling gemaal capaciteit en verdubbeling drainage.	34
8.3	Berging per afvoergebied.....	35
8.3.1	Landelijk gebied	35
8.3.2	Stedelijk gebied	37
8.4	Kosten aanpassing riolering bebouwd gebied	39
8.5	Gewasschade door verdroging	41
9	Conclusies en aanbevelingen	43

Overzicht Bijlagen

Bijlage 1	Samenstelling Werkgroep Hydrologie
Bijlage 2	Verdeling gebiedstypen.
Bijlage 3	Uitwisselpunten met het hoofdsysteem
Bijlage 4	Vergelijkende kostenberekeningen bij mogelijke maatregelen
Bijlage 5	SIWOP (Snelle Indicatie WaterOverlastProblematiek)
Bijlage 6	Hydrologisch model bebouwd gebied
Bijlage 7	Model voor landbouwschade
Bijlage 8	Uitgangspunten bepaling ruimte en kosten

1 Inleiding

In het kader van Waterbeheer 21^e eeuw is de deelstroomgebiedvisie Zeeland (voorlopige versie /voornemen) in 2003 verschenen.

In het voorliggende rapport wordt de inhoudelijke onderbouwing voor de deelstroomgebiedvisie voor wat betreft de **aanpak van de wateroverlast** beschreven.

De werkzaamheden in relatie tot dit rapport zijn uitgevoerd in het voortraject van de deelstroomgebiedvisie Zeeland. Allerlei discussie en afwegingen hebben er toe geleid dat niet alle onderdelen uit dit rapport van de werkgroep hydrologie in de deelstroomgebiedvisie zijn opgenomen. Vanwege de waarde van het vastleggen van gegevens zijn toch bepaalde onderdelen wel vastgelegd in dit rapport.

1.1 Wat is een deelstroomgebiedvisie

In de komende jaren zal Nederland en daarmee ook Zeeland te maken krijgen met een toenemende hoeveelheid, en een grotere intensiteit neerslag. Het lijkt erop dat deze ontwikkeling zich reeds heeft ingezet, in ieder geval hebben zich in de afgelopen jaren perioden van extreme neerslag voorgedaan.

Naar aanleiding hiervan is de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw ingesteld. Deze heeft advies aan het kabinet uitgebracht, waarop het kabinet in het rapport "Anders omgaan met water" haar standpunt heeft uitgebracht. Hierin spelen "ruimte voor water" en "water als ordenend principe" een belangrijke rol. Op landelijk niveau is via de startovereenkomst op 14 februari 2001 afgesproken dat per deelstroomgebied een deelstroomgebiedvisie zal worden opgesteld, welke uiterlijk op 1 oktober 2002 gereed moet zijn.

De deelstroomgebiedvisie is een gezamenlijk product van de waterschappen, gemeenten en de provincie als trekker. Hiermee wordt de visie breed gedragen. Het doel van de deelstroomgebiedvisie is drieledig:

1. Een beschrijving op hoofdlijnen van de waterhuishoudkundige problemen van het regionale watersysteem voor zowel nu als in 2050 en 2100.
2. Een beschrijving van de visie op de te kiezen oplossingsrichtingen voor genoemde problemen met daarbij een globaal uitvoeringsprogramma tot 2015
3. Een globale schatting van de te maken kosten en de wijze waarop deze moeten worden gefinancierd om de oplossingsrichtingen te kunnen realiseren.

1.2 Taak van de werkgroep Hydrologie

De opdracht die de werkgroep heeft gekregen bestaat uit:

- Een analyse van de wateroverlast-problematiek in Zeeland.
- Een verkenning van de mogelijkheden om wateroverlast te voorkomen.
- Het bepalen van de gevolgen van verschillende pakketten maatregelen bij verschillende neerslagreeksen, behorende bij een bepaalde kans van optreden.

De samenstelling van de werkgroep Hydrologie is weergegeven in bijlage 1.

1.3 Leeswijzer

Na dit inleidende hoofdstuk volgt hoofdstuk 2 met een beschrijving van de Zeeuwse situatie en een aantal gebruikte uitgangspunten. In hoofdstuk 3 worden mogelijke maatregelen met voor en nadeel naast elkaar gezet op basis waarvan bepaalde keuzes worden gemaakt.

Hoofdstuk 4 bevat de werkwijze die de werkgroep hydrologie heeft gevolgd om tot berekeningsuitkomsten bij verschillende scenario's te komen.

In hoofdstuk 5 wordt eerst ingegaan op de huidige situatie met kwantitatieve uitkomsten. Vervolgens wordt in hoofdstuk 6 een aantal oplossingen verkend met als resultaat de benodigde ruimte, kosten en schade verandering. Hoofdstuk 7 bevat de in de deelstroomgebiedvisie Zeeland omgenomen eindresultaten. In hoofdstuk 8 worden een aantal opvallende zaken naar voren gebracht die tijdens de berekeningen en discussie naar voren zijn gekomen en die het vastleggen waard zijn.

Hoofdstuk 9 geeft conclusies en aanbevelingen.

2 De Zeeuwse situatie en gehanteerde uitgangspunten

2.1 Maaiveldhoogte

Zeeland maakt deel uit van Laag-Nederland. Bijna de gehele provincie bestaat uit polders. De hoogteverschillen zijn gering. Uitzonderingen zijn de duingebieden. Ten opzichte van het totaal spelen deze gebieden echter een ondergeschikte rol.

Om de kans op wateroverlast te bepalen, is voor het landelijk gebied een gebiedsindeling gemaakt voor de bergingscapaciteit in het oppervlaktewater en de bodem. Die indeling is gebaseerd op de relatieve maaiveldhoogteverdeling binnen het afvoergebied en een bodemtypering. Er worden vier gebiedstypen onderscheiden, te weten laag, middellaag, middelhoog en hoog.

In bijlage 2 is de verdeling van de deelgebieden nader uitgewerkt en op kaart weergegeven.

2.2 Oppervlaktewaterpeil en afwatering

Een belangrijk kenmerk van Zeeland is de verwevenheid van het land met het buitenwater. Dat zorgt er voor dat het buitenwater nooit ver weg is en dat vrijwel elke polder direct op het buitenwater kan lozen. Boezemwateren komen nauwelijks voor.

In de polders zorgen gemalen en in sommige gevallen uitwateringssluizen er voor dat het overtollige water afgevoerd wordt naar het buitenwater. Binnen de polders wordt dit overtollige water verzameld via een uitgebreid stelsel van sloten en kanalen. In deze sloten en kanalen wordt in het algemeen een min of meer vast peil nagestreefd. Dit peil ligt globaal genomen tussen 0,90 en 1,80 meter beneden maaiveld. In de huidige situatie is de afvoercapaciteit van het waterlopenstelsel oorspronkelijk gedimensioneerd op ongeveer 10 mm/dag en de gemalen ongeveer op 11,5 mm/dag. Bij de berekeningen is uitgegaan van een gemaalcapaciteit van 12 mm/dag.

2.3 Relatie met het hoofdsysteem

De relatie met het hoofdsysteem wordt hier alleen beschreven voor zover de buitenwateren een beheersbaar peil hebben. In de onderstaande tabel staat de huidige situatie. In bijlage 3 is een volledig overzicht van alle uitwisselpunten opgenomen die ook zijn weergegeven op een kaart.

Tabel 2.1: afvoer regionaal systeem naar hoofdsysteem.

	Gemiddelde afvoer van regionaal systeem naar hoofdsysteem [m3/jaar]	Maximale afvoer van regionaal systeem naar hoofdsysteem [m3/min]	Peil winter	Peil zomer
Volkerak-Zoommeer	22.000.000	500	max. + 0,15	min. -0,10
Veerse Meer	63.000.000	1300	-0,70	0,00
Oosterschelde	133.000.000	3200	getij	getij
Grevelingenmeer	18.000.000	400	-0,20	-0,20

Voor het Volkerak-Zoommeer wordt mogelijk overwogen in de toekomst meer peilfluctuaties te introduceren. Dit kan consequenties hebben voor de afvoercapaciteit op de uitwisselingspunten.

Voor het Veerse Meer zijn vergoederde plannen om een vast peil in te stellen. Indien dat NAP wordt, is de afvoercapaciteit in de winter 10 - 20 % lager dan in de huidige situatie.

Op de Oosterschelde heerst een gedempt getij. Door de Stormvloedkering tijdelijk te sluiten kan de peilstijging bij hoogwater worden beperkt. Dit kan winst opleveren voor de afvoercapaciteit op de uitwisselingspunten met de Oosterschelde en indirect op Veerse Meer en Volkerak Zoommeer.

Voor het Grevelingenmeer zijn geen plannen bekend voor een ander peil, maar ook hier geldt dat een hoger peil consequenties heeft voor de afvoercapaciteit.

De Westerschelde staat onder directe getijdeinvloed. Een oppervlakte van 30.000 tot 40.000 ha loost via suatiesluizen en is daarmee sterk afhankelijk van het buitenwaterpeil.

Verhoging van het peil van de hierboven genoemde buitenwateren heeft een beperkende invloed op de afvoercapaciteit van de betreffende afvoergebieden. Om dat te compenseren moet gerekend worden op extra kosten.

2.4 Grondwaterstand en ontwatering

Een groot deel van alle landbouwpercelen wordt kunstmatig ontwaterd door middel van buisdrainage. Alleen op de hogere, zandige gronden is dat veel minder het geval. De drainage ligt in het algemeen ongeveer op 0,90 meter beneden maaiveld. Door de slechte doorlatendheid van de bodem is de invloed van het oppervlaktewaterpeil op de grondwaterstand niet groot. Dat geldt zeker voor natte periodes, als de grondwaterstand boven het drainageniveau ligt. De snelle afvoer via de drainage overheerst dan de langzame afvoer via de bodem naar de sloot. De bodemgesteldheid maakt hierbij wel verschil. Bij zandige bodem zal de invloed van het oppervlaktewaterpeil wat groter zijn dan bij een kleiige bodem.

Bij extreme neerslag kunnen te hoge grondwaterstanden en oppervlaktewaterpeilen optreden en kunnen laag gelegen gebieden tijdelijk inunderen. De hoge grondwaterstand en de inundatie veroorzaken schade aan gewassen en gebouwen. Voor met name de schade aan gewassen is de duur van de te hoge grondwaterstand of inundatie van belang. Structuurschade aan de bodem wordt buiten beschouwing gelaten.

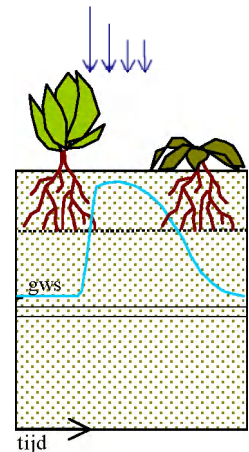
Bij hogere neerslag dan de drainagecapaciteit zal de grondwaterstand snel stijgen. De afvoer via de drainage kan de aanvoer via de neerslag dan niet bijhouden. Op gronden waar geen drainage aanwezig is zal dat nog veel meer het geval zijn.

Als het oppervlaktewaterpeil boven het drainageniveau stijgt zal dat de drainageafvoer remmen. In situaties dat de neerslag groter is dan de drainagecapaciteit is dat naar verwachting niet maatgevend omdat de toevoer van infiltrerende neerslag naar het grondwater veel groter is dan de afvoer via de drainage, geremd of niet geremd.

Na de extreme neerslag moet de drainageafvoer er voor zorgen dat de grondwaterstand weer op het gewenste niveau komt. In die situatie is de invloed van het oppervlaktewaterpeil van belang. Als het oppervlaktewaterpeil te hoog blijft, zal de drainage niet optimaal werken en blijft de grondwaterstand dus langer op een te hoog niveau.

Samenvattend komt het er op neer dat, bij extreme neerslag, een te hoge grondwaterstand nauwelijks te voorkomen is, maar dat de duur van die te hoge grondwaterstand wel beïnvloed kan worden.

Een hoge grondwaterstand kan er toe leiden dat de wortels van het gewas in het water komen te staan, waardoor deze door zuurstofgebrek afsterft. De schade die daardoor ontstaat wordt bepaald door de duur en de mate waarin de wortels in het water staan.



Een belangrijke factor in dit verband is de maximale drainageafvoercapaciteit. In de huidige situatie wordt aangenomen dat die ongeveer 14 mm/dag bedraagt bij een grondwaterstand aan maaiveld. De aanleg van drainage is de verantwoordelijkheid van de grondeigenaar of -gebruiker. De waterbeheerder kan dat dus niet sturen. Wel kan de waterbeheerder ruimte bieden om de vergroting van die drainageafvoercapaciteit zinvol te maken. Het extra water dat dan per dag via de drainage aangevoerd wordt moet dan ook verwerkt kunnen worden. Bij de berekeningen is er van uitgegaan dat alle percelen gedraineerd zijn.

Concluderend kan worden gesteld dat zowel bij te hoge grondwaterstanden als bij inundatie is er sprake van wateroverlast. De schade voor de landbouw door te hoge grondwaterstanden kan veel groter zijn dan die door inundatie.

De ruimte in het oppervlaktewater en de afvoercapaciteit moeten er voor zorgen dat de aanvoer van water op een goede manier verwerkt kan worden. Die aanvoer bestaat uit het water uit de drainage en het water dat oppervlakkig afstroomt. Zolang de neerslagintensiteit hoger is dan de drainagecapaciteit, kunnen maatregelen in het oppervlaktewaterbeheer niet voorkomen dat de grondwaterstand te hoog wordt met als gevolg schade aan het gewas. Dat betekent dus dat er een bovengrens zit aan wat aan zinvolle maatregelen in het oppervlaktewaterbeheer kan worden genomen om schade in de landbouw te voorkomen of te beperken.

De kans dat wateroverlast optreedt, wordt bepaald door verschillende factoren. In de leidraad voor hoogwaternormering in regionale wateren is dit uitgewerkt. De volgende factoren zijn relevant:

2.5 Neerslagduur, -volume en -intensiteit

Er wordt uitgegaan van de huidige inzichten omtrent klimaatverandering (zeespiegelrijzing, neerslagpatronen en -intensiteiten). Ook van verdergaande bodemdaling en toename van verhard oppervlak wordt uitgegaan. Huidig uitgangspunt is het middenscenario van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, waarbij ook een doorkijk naar het maximale scenario voor 2100 nodig is om te anticiperen op zeespiegelstijging en voortgaande bodemdaling.

Tabel 2.2: Uitgangspunten Commissie Waterbeheer 21^e eeuw.

	2050		2100	
	Middenscenario	Maximumscenario	Middenscenario	Maximumscenario
Neerslagintensiteit buien	+ 10 %	+ 20 %	+ 20 %	+ 40 %
Zeespiegelstijging	+ 25 cm	+ 45 cm	+ 60 cm	+ 110 cm
Bodemdaling			gemiddeld 5 - 20 cm	

Voor Zeeland wordt voorlopig uitgegaan van de neerslagstatistiek die afgeleid is voor de SysteemAnalyse Schouwen (SAS-studie). Dat zijn 10-daagse reeksen van neerslagsommen die afgeleid zijn uit afvoeren met een bepaalde kans van voorkomen (bereikt of overschreden) gedurende een periode van 40 jaar. Die neerslagreeksen zijn vergeleken met de neerslaggegevens voor De Bilt. Daaruit is geconcludeerd dat de neerslagreeksen uit de systeemanalyse Schouwen voorlopig als voldoende representatief voor de Zeeuwse situatie kunnen worden beschouwd. De in tabel 2.3 weergegeven neerslag hebben betrekking op het middenscenario WB21 (2050) waarbij uitgegaan is van een toename van de neerslagintensiteit van 10 % zoals weergegeven in tabel 2.2.

Tabel 2.3: Representatieve (maatgevende) neerslagpatronen in mm/dag (middenscenario WB21).

	Dag no 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frequentie										
15 x per jaar	3,2	3,2	3,2	6,4	13,3	3,2	3,7	3,7	3,2	1,1
1 x per jaar	4,0	5,0	4,9	12,9	26,2	3,4	5,4	5,4	4,6	2,5
1 x per 10 jaar	4,5	3,9	12,0	23,2	39,4	7,2	4,9	5,6	3,2	5,7
1 x per 25 jaar	6,9	4,5	13,8	28,4	41,0	4,1	5,2	4,7	5,2	3,8
1 x per 50 jaar	7,7	5,0	15,4	31,7	45,8	4,6	5,9	5,2	5,8	4,2
1 x per 100 jaar	8,6	5,5	17,2	35,4	51,2	5,2	6,7	5,8	6,5	4,6

De landelijke werkgroep die zich bezig houdt met de studie Normering wateroverlast regionale watersystemen streeft er naar om voor heel Nederland regionaal gedifferentieerde neerslagreeksen te laten samenstellen door het KNMI. Deze reeksen zijn momenteel nog niet beschikbaar.

2.6 Gebiedsneerslag

Als het regent, regent het niet overal even veel. Dat geldt zeker voor extreme neerslag. Dat is ook duidelijk gebleken bij de wateroverlast in 1998. Er is echter onvoldoende over bekend om deze factor te kunnen kwantificeren. Daarom wordt aangenomen dat de neerslagreeksen met de kans van optreden voor de hele provincie gelden. Daarmee wordt dus voor een veilige benadering gekozen. De kans dat die neerslagreeks ergens valt is kleiner dan waar vanuit wordt gegaan.

2.7 Seizoensinvloed

Bepaalde gevolgen van wateroverlast zijn seizoensafhankelijk. Schade aan gewas treedt bijvoorbeeld alleen op als er gewas op het land staat. Als er slechts gedurende de helft van het jaar gewas op het land staat en de kans op intensieve neerslag gelijkmatig verdeeld is over het jaar, dan is de kans op schade een factor twee kleiner dan de kans dat die neerslag optreedt. Dat is echter niet zo. Extreme neerslag komt in bepaalde seizoenen meer voor dan in andere en de periode dat er gewas op het land staat dat gevoelig is voor te hoge grondwaterstanden is sterk afhankelijk van het soort gewas. Verder is ook de berging in de bodem sterk afhankelijk van het seizoen. In de zomerperiode is de grondwaterstand in het algemeen lager dan in de winter en het voorjaar, waardoor er in de zomer aanzienlijk meer bergingsruimte in de bodem is.

De landbouwschade wordt verder uitgewerkt (zie bijlage 7; Model voor Landbouwschade) waarbij rekening wordt gehouden met deze factoren.

De seizoensinvloed geldt niet voor inundatie in bebouwd gebied of glastuinbouw.

2.8 Afvoercapaciteit

De afvoercapaciteit wordt beïnvloed door de wind, de buitenwaterstand en het falen van kunstwerken.

Door windinvloed kan opstuwing in waterlopen optreden, waardoor de afvoercapaciteit kleiner wordt. Omdat de breedte en de aaneengesloten lengte van de waterlopen in Zeeland relatief klein is, zal deze invloed beperkt zijn. Daarom wordt deze factor niet meegenomen.

De buitenwaterstand is een bepalende factor voor de gemaaicapaciteit. Hoe hoger de buitenwaterstand, hoe kleiner de gemaaicapaciteit. Dat geldt nog sterker voor suatiesluizen.

Op de Wester- en Oosterschelde kan een hogere gemiddelde waterstand optreden door windopstuwing. Dat treedt vooral op bij een wind uit het noordwesten. Hoe groot de kans is dat dit gelijktijdig voorkomt met extreme neerslag is niet bekend.

Op het Veerse Meer, het Zoommeer en in mindere mate het Grevelingenmeer komen hogere waterstanden voor omdat het ontvangende wateren zijn voor de waterafvoer van polders, terwijl de afvoercapaciteit van deze wateren beperkt is. Dit treedt dus altijd gelijktijdig op met extreme neerslag. Verder moet natuurlijk ook rekening worden gehouden met de gevolgen van de verwachte zeespiegelstijging.

Voor de berekeningen betreffende de wateroverlast in de polders wordt aangenomen dat de afvoercapaciteit waar vanuit wordt gegaan, in werkelijkheid ook gehaald kan worden. Het risico dat dit door windopstuwing of zeespiegelstijging niet het geval is moet door technische maatregelen aan de gemalen zo veel mogelijk worden weggenomen. Uitgegaan is van een gemiddelde afvoercapaciteit van 12 mm/dag. Voor de wateren waar de afvoercapaciteit niet afgestemd is op de toevoer vanuit de polders moet met de betreffende beheerder gezocht worden naar passende maatregelen (vergroting afvoercapaciteit van die ontvangende wateren, aanpassen gemalen van polders).

2.9 Berging in bodem en oppervlaktewater

Eerder in dit hoofdstuk is aangenomen dat de grondwaterstand net boven het drainageniveau ligt en dat het oppervlaktewaterpeil gelijk is aan het streefpeil. Dat is de situatie in het winterhalfjaar als het een aantal dagen niet veel geregend heeft. In het zomerhalfjaar kan vooral de grondwaterstand aanzienlijk lager zijn. Daardoor is er veel meer berging dan waar vanuit wordt gegaan, waardoor de kans op wateroverlast en met name inundatie in die periode gering is. In bijlage 5 (beschrijving model SIWOP) zijn de waarden per parameters die bij de berekeningen gebruikt zijn weergegeven.

2.10 Normering

Er wordt uitgegaan van de resultaten van de landelijke studie Normering wateroverlast regionale watersystemen. De normen gaan over het toegestane aantal overschrijdingen per periode van een vooraf te bepalen referentiewaterpeil. Voorlopig heeft dat geleid tot normen voor verschillende vormen van landgebruik. Een samenvatting staat in de onderstaande tabel. Die normering wordt voorlopig als richtlijn gehanteerd.

Tabel 2.4: Normering voor verschillende soorten landgebruik.

Ruimtegebruik	Norm
Grasland	1 x per 10
Akkerbouw	1 x per 25
Hoogwaardige land- en tuinbouw en glastuinbouw	1 x per 50
Bebouwd gebied	1 x per 100

In bovenstaande tabel is geen normering voor natuur opgenomen. De reden hiervoor is, dat de eisen ten aanzien van de toelaatbaarheid van wateroverlast per natuurdoeltype verschillend zijn, en dat zulke normen nog niet zijn vastgesteld. Zodra er normen voor natuur zijn zullen ze worden toegepast.

2.11 Faalkansen

Bij de berekeningen wordt geen rekening gehouden met factoren die de kans op het falen van het systeem vergroten of verkleinen. Om dit te kunnen doen moeten wel specifieke maatregelen worden getroffen, door de beheerder van de regionale watersystemen of door de beheerder van het ontvangende water.

3 Mogelijke maatregelen

De waterbeheerder kan, door het nemen van maatregelen, alleen direct het oppervlaktewaterpeil beïnvloeden. Het risico van wateroverlast door inundatie kan dus effectief aangepakt worden. Het beperken of voorkomen van landbouwschade door te hoge grondwaterstanden kan maar tot op zekere hoogte tot de verantwoordelijkheid van de waterbeheerder worden gerekend. Een bepalende factor hiervoor is immers de ontwatering en dat is de verantwoordelijkheid van de grondeigenaar of -gebruiker. Het is afhankelijk van de lokale situatie in hoeverre het oppervlaktewaterpeil doorwerkt in de grondwaterstand.

In kader van WB21 is de drietrapsstrategie 'vasthouden-bergen-afvoeren' aangegeven als leidend principe voor zover dat zinvol is in het licht van 'niet-afwentelen' en het per saldo een positief resultaat oplevert voor de totale waterhuishouding. De begrippen vasthouden, bergen en afvoeren zijn als volgt gedefinieerd:

"Vasthouden" is het water dat tijdelijk in en op de bodem geborgen wordt.

"Bergen" is water dat tijdelijk opgevangen wordt in het oppervlaktewater of door (gecontroleerde) inundatie van gebieden direct grenzend aan hoofdwaterlopen.

"Afvoeren" is het transporteren van het overtollige water via waterlopen en gemalen naar het buitenwater.

Op basis van de drietrapsstrategie (vasthouden, bergen, afvoeren) kunnen de volgende maatregelen worden genoemd voor het opvangen van grote hoeveelheden neerslag, met als doel het oppervlaktewaterpeil op een aanvaardbaar niveau te houden.

- A. Bergen in het oppervlaktewater door tijdelijk een hoger peil toe te laten en door verruiming van waterlopen.
- B. Anticiperend afvoeren. Door het oppervlaktewaterpeil, voorafgaand aan te verwachten extreme neerslag, te verlagen kan extra ruimte in het oppervlaktewater worden gecreëerd.
- C. Bergen overtollig water door gecontroleerde overstroming. Indien nodig wordt voor die gebieden een schadevergoeding uitgekeerd.
- D. Uitbreiding van de afvoercapaciteit van gemalen, inclusief de waterlopen.

Deze mogelijkheden komen dus bovenop de bestaande ruimte om neerslag op te vangen: berging in de bodem en de bestaande afvoercapaciteit (waterlopen en gemalen).

De hierboven genoemde maatregelen worden in dit hoofdstuk verder uitgewerkt, waarbij de voor- en nadelen van deze maatregelen ten opzichte van elkaar worden vermeld, alsmede en voor zover bekend, enkele globale kengetallen met bandbreedtes voor eventueel te maken kostenvergelijkingen. In bijlage 4 worden globale kosten en kengetallen voor een fictief gebied van 5.000 ha als voorbeeld gebruikt. Hierin zijn de maatregelen gekwantificeerd en vergelijkbaar gemaakt bij 4 mm extra berging of bij een extra afvoercapaciteit van 4mm/dag.

Het belang van 4 mm/dag extra afvoercapaciteit moet in dergelijke vergelijkingen echter wel zwaarder worden aangerekend dan 4 mm extra berging, omdat extra berging in een extreme situatie uiteraard slechts éénmalig kan worden gebruikt en extra afvoercapaciteit elke dag opnieuw, dus cumulatief meewerkt.

3.1 A Maatregelen voor meer bergen van overtollig water

Extra water kan in beginsel worden vastgehouden in de bodem (in de fractie lucht) en geborgen in oppervlaktewater. De beschikbare ruimte voor het tijdelijk bergen in het oppervlaktewater bevindt zich tussen het normale streefpeil en het maximaal toegestane peil. Hieronder worden deze in een drietal mogelijke maatregelen onderverdeeld.

3.1.1 A1 Structurele peilverlaging

Door deze maatregel, die eigenlijk alleen in de winter mogelijk is, wordt meer ruimte gemaakt in de bestaande waterlopen voor de tijdelijke opvang van overtollig water in natte situaties. Als dat tot gevolg heeft dat ook de drainage dieper wordt gelegd dan zal ook het grondwaterpeil mee zakken, zodat ook in de bodem meer ruimte ontstaat voor berging (vasthouden). Zo geeft elke 5 cm peilverlaging ongeveer 4 mm extra berging in het gebied, indien deze peilverlaging structureel is en ook de grondwaterstand evenveel daalt.

Voordelen:

- Relatief veel toename bergingscapaciteit, zeker als de drainage ook wordt verlaagd.
- Geen of weinig investeringen bij kleine peilverlagingen, geen grondverwerving.

Nadelen:

- Verhoogd risico op verdroging in het voorjaar en groeiseizoen.
- Kans op inklinking van het maaiveld en schade aan slecht gefundeerde gebouwen bij venige en kleiige bodems.
- Zonder verdieping van de waterlopen wordt de waterdiepte en daarmee het volume kleiner. Dat is ongunstig voor de waterkwaliteit door sterkere schommelingen in de concentraties van stoffen.
- Bij grotere peilverlagingen (>10 cm) zullen er al gauw ook kunstwerken moeten worden verdiept, waardoor de maatregel duurder kan worden, afhankelijk van het aantal te vervangen kunstwerken. Bij onvoldoende waterdiepte zullen ook de bodems van waterlopen verdiept moeten worden.
- Toename zoute kwel, wat tevens tot een toename van de eutrofiëring leidt.
- Vanwege afhankelijkheid van technische maatregelen minder bedrijfszeker.
- De investeringen voor kunstwerken komen periodiek terug.

Kostenindicatie:

Weinig kosten bij een geringe peilverlaging (<10 cm). De kosten kunnen echter wel snel oplopen naarmate er meer kunstwerken en waterbodems moeten worden verdiept bij grotere peilverlagingen (>10 cm). Zie ook de bijlage 4.

3.1.2 A2 Verruiming van waterlopen en natuurvriendelijke oevers

Om meer ruimte te geven aan de opvang van overtollig water kunnen waterlopen aan de bovenzijde worden verbreed. De extra berging bestaat hier uit het netto volume van de grondmassa + grondwater, die daarvoor boven het oppervlaktewaterpeil tot aan het maximaal toelaatbare peil wordt verwijderd.

Verruiming van het profiel van de waterloop onder het reguliere oppervlaktewaterpeil heeft alleen zin voor verbetering van het hydraulisch profiel, dus ten gunste van de afvoercapaciteit. Er is dus alleen extra ruimte als deze zich boven het normale streefpeil bevindt. Dikwijls kan verruiming van de waterloop worden gecombineerd met de inrichting van natuurvriendelijke oevers.

Voordelen:

- Het oppervlaktewaterpeil fluctueert iets minder en stijgt vooral minder snel.
- Meer kansen voor natuurvriendelijke inrichting oevers ten gunste van flora, fauna en waterkwaliteit.
- Het watervolume wordt groter, wat gunstig is voor de waterkwaliteit.
- Bedrijfszekerheid is groot.
- De investeringen zijn eenmalig.

Nadelen:

- Grondverwerving is meestal lastig.
- Maatregel is relatief duur, met name als veel grond moet worden afgevoerd.
- Kan in de praktijk meestal alleen in het kader van landinrichtingsprojecten, bestemmingsplannen e.d. worden gerealiseerd.

Kostenindicaties:

Grondaankopen: € 3,50 per m² in agrarisch gebied tot € 12,50 per m² in bebouwd gebied.

Graafwerk bij verspreiding ter plaatse: € 2,30 per m², all-in.

Grondafvoer tot 10 km: € 5,- per m² (inclusief maatregelen bouwstoffenbesluit !).

Kosten oeverinrichting PM.

Totaalprijs all-in: € 6,- tot € 10,- per m² extra wateroppervlak in agrarisch gebied en € 15,- tot € 20,- per m² extra wateroppervlak in bebouwd gebied.

3.1.3 A3 Tijdelijk hogere peilen (bergen)

Uitgaande van het reguliere streefpeil wordt ten tijde van veel overtollig water dit water bewust langer, doch strikt tijdelijk, in het eigen peilgebied geborgen, bijvoorbeeld door middel van stuwen, om daarmee benedenstrooms gelegen gebieden tijdelijk te ontzien. Bij dergelijke maatregelen moet heel bewust gekozen worden voor het verdelen van overtollig water, rekening houdende met de functies en belangen in deze gebieden. Water tijdelijk daar brengen of houden waar dit de minste overlast geeft.

Belangrijk is ook dat dit extra water na de overlastsituatie wel zo snel mogelijk wordt afgevoerd, anders is er geen ruimte meer voor een volgende natte periode beschikbaar.

Voordelen:

- Relatief veel toename van bergingscapaciteit.
- Beperkte investeringen.

Nadelen:

- Groter risico op overlast, waardoor kans op schade(claims)
- Belangenafweging kan lastig zijn en moet vaak snel (ad hoc) gebeuren.
- Vanwege afhankelijkheid van technische maatregelen minder bedrijfszeker.
- De investeringen voor kunstwerken komen periodiek terug.

Kostenindicaties:

Verhoging stuwen (echter meestal vervangen): ca € 4.500,- tot € 14.000,- per geval. Gemiddeld € 10.000,-.

Soms is automatisering van stuwen vereist: ca € 25.000, - per stuk.

3.2 B Anticiperend afvoeren

3.2.1 B1 Tijdelijke peilverlaging (flexibel peilbeheer)

Een peilverlaging kan tijdelijk zijn in de betekenis van flexibel (of dynamisch) peilbeheer. Als er veel neerslag wordt verwacht, worden in dat geval de stuwen vooraf lager ingesteld en wordt er extra bemalen zodat het peil lager komt te staan dan gebruikelijk. De peilverlaging kan niet onbeperkt zijn; in de praktijk is dit dikwijls gelimiteerd tot zo'n 20 cm, wat overeen komt met ongeveer 4 mm berging. Dit is overigens een maatregel die ook nu al veelvuldig wordt toegepast. In die zin is de meeste winst van deze maatregel al behaald.

Voordelen:

- Vergt meestal geen extra investeringen; vergt geen extra ruimte.

Nadelen:

- Vergt de nodige accuratesse en mankracht in het operationele peilbeheer.
- Geeft meer snelle peilfluctuaties, dus meer kans op taluddeformaties.
- Eventueel nog extra investeringen in automatisering van kunstwerken. Veel grotere kunstwerken worden echter al automatisch en op afstand bestuurd.
- Vanwege afhankelijkheid van technische maatregelen minder bedrijfszeker.

Kostenindicatie

De extra kosten bestaan uit meer arbeidskosten en kosten voor automatisering.

De kosten voor extra arbeid zijn globaal gecijferd op € 0,15 per ha per jaar.

Daarnaast zullen de grotere stuwen en de gemalen moeten worden geautomatiseerd, voor zover dit nog niet eerder gebeurd is. Voor het fictieve gebied van 5.000 ha is dit geschat op ongeveer 4 stuwen à € 25.000,- per stuk.

3.3 C Extra berging door overstroming

3.3.1 C1 Overstroming van een begrensde gebied

Hoewel het exacte verschil tussen vasthouden en bergen van overtollig water nog niet helemaal duidelijk is gemaakt, wordt deze maatregel voornamelijk beschouwd als het gecontroleerd tijdelijk afvoeren naar een (lager gelegen) polder, waar inundatie nauwelijks overlast geeft. Dit kan bijvoorbeeld in een landbouwgebied met grasland, of in een natuurgebied zijn.

Betreft het een vorm van extra berging in een agrarisch gebied, dan komen er kosten voor schadevergoedingen of grondaankopen bij.

Omdat de ontvangende polder lager ligt kan de afvoer onder natuurlijk verval zeer snel plaatsvinden. Te zijner tijd zal dit water overigens wel weer geheel of gedeeltelijk moeten worden afgevoerd en logischerwijs door middel van bemaling. Overigens zijn dergelijke maatregelen in Zeeland slechts zeer beperkt mogelijk.

Voordelen:

- Aanzienlijke winst van extra bergingscapaciteit.
- De bedrijfszekerheid is groot.

Nadelen:

- Daarna nog wel afvoer middels bemaling of afvoer anderszins.
- In Zeeland weinig geschikte locaties.
- In landbouwgebied schade aan gewassen of opstallen.
- In natuurgebied inlaten van gebiedsvreemd water.
- Schadevergoeding aan alleen het overstroomde gebied kan als niet rechtvaardig worden beschouwd, omdat de schade elders minstens zo hoog kan zijn door te hoge grondwaterstanden.
- Mogelijke teeltbeperking in verband met certificering (voedselveiligheid).

Kostenindicaties:

Mogelijke schadevergoedingen of grondaankoop: Zie C2

3.3.2 C2 Overstroming van een onbegrensd laag gebied

Door de laagste delen van een afvoergebied bewust te laten inunderen, kan veel water geborgen worden. De schade die daardoor periodiek optreedt wordt vergoed. Om die schade te beperken kan het zinvol zijn het grondgebruik aan te passen. Vooral wordt hier bedoeld het omzetten van (te) laag gelegen bouwlanden en boomgaarden naar grasland of natuur of naar een combinatie van beide. Dergelijke maatregelen kunnen worden bevorderd door goede waterkansenkaarten op te stellen en hieraan een zekere rechtsstatus toe te kennen voor daadwerkelijke uitvoering. Grondeigenaren die hun percelen hiervoor beschikbaar stellen, zullen hiervoor moeten worden gecompenseerd.

Voordelen:

- Aanzienlijke winst voor de bergingscapaciteit.
- Geen of weinig investeringen in water-infrastructuur.
- De bedrijfszekerheid is groot.

Nadelen:

- Procedureel nog erg lastig, nog geen wettelijk instrumentarium.
- Nog geen financieel instrumentarium, zoals bijvoorbeeld een premie- of subsidieregeling.
- Afhankelijk van medewerking particulieren.
- Voorlopig nog tamelijk kostbaar in geval van vergoedingen voor opbrengstderving of grondaankopen.
- Aangewezen inundatiegebieden zijn vaak lastig (of kostbaar) te isoleren van omliggende percelen waar inundatie of hoge peilen niet gewenst zijn. Afhankelijk van de neerslag zal een kleiner of groter gebied overstroom.
- Schadevergoeding aan alleen het overstroomde gebied kan als niet rechtvaardig worden beschouwd, omdat de schade elders minstens zo hoog kan zijn door te hoge grondwaterstanden.
- Mogelijke teeltbeperking in verband met certificering (voedselveiligheid).

Kostenindicaties:

Afkoopsom voor opbrengstderving van akkerbouw naar extensief graslandgebruik:

€ 1,- tot € 2,- per m² of

Gemiddelde aankoop prijs van akkerbouwperceel ten behoeve van natuurfunctie en waterberging:

€ 3,50 per m².

Discussie

Er kan voor gekozen worden om gebieden tijdelijk te inunderen om de wateroverlast elders te voorkomen of te beperken. Daar zou dan een schadevergoeding tegenover kunnen staan. Daarbij moet echter bedacht worden dat bij extreme neerslag vrijwel overal schade aan gewassen op zal treden, ongeacht of er nu wel of geen inundatie optreedt. Het laten inunderen van een gebied zal er in die gevallen niet toe bijdragen dat de landbouwschade elders minder wordt. De maatregel heeft dan alleen een positief effect voor het gebied dat geïnundeerd wordt omdat daar een schadevergoeding wordt uitgekeerd. Bewuste inundatie van een gebied kan wel zinvol zijn om het onderlopen van bebouwd gebied te voorkomen.

3.4 D Uitbreiding van de afvoercapaciteit

Dit is het uitbreiden van de bestaande afvoercapaciteit van de watersystemen. Hierbij geldt de regel dat de capaciteit zo sterk is als de zwakste schakel en dat dus verbeteringen hierin altijd het eerst moeten plaatsvinden bij de zwakste schakels in het systeem.

Meestal is dit het gemaal aan het einde van het afvoerstelsel, maar het kan ook bij een te kleine duiker zijn, of een te kleine waterloop. Dit impliceert ook dat het aanzienlijk verhogen van de bemalingscapaciteit geen zin heeft als de rest van het afvoerstelsel daar (nog) niet op is of wordt afgestemd.

In de beleidsnota van de Commissie WB21 wordt het (extra) afvoeren van overtollig water als laagste prioriteit genoemd in de genoemde trits: vasthouden, bergen en afvoeren.

De motivering hiervoor is dat vooral benedenstrooms gelegen gebieden niet onevenredig mogen worden belast met overtollig water van bovenstrooms gelegen gebieden. Kortom, teveel water niet onnodig afwentelen op lager gelegen gebieden. Als van deze nadelen echter geen sprake is, omdat in Zeeland al dikwijls rechtstreeks op buitenwater wordt geloosd, verdient een vergroting van de afvoercapaciteit dus niet automatisch de laagste voorkeur.

De grotere gemalen in Zeeland pompen het overtollig water immers meestal op buitenwateren, waarmee doorgaans geen extra overlast ontstaat. Alleen bij bemaling op het Veerse Meer en op het Volkerak-Zoommeer kan bij zeer extreme situaties wel extra overlast ontstaan, zoals in september 1998.

Voordelen algemeen:

- Maatregelen voor extra afvoercapaciteit zijn meestal voordeliger dan voor extra bergingscapaciteit.
- Geen problemen met grondverwerving.
- Flexibele oplossing: er kan immers elk moment opnieuw worden gekozen of er daadwerkelijk meer moet worden bemalen. Voor het peilbeheer is meer afvoercapaciteit dus een pré.

Nadelen algemeen:

- Bij bemaling op benedenstrooms peilgebied, bestaat de kans dat de overlast wordt afgewenteld.
- Vanwege afhankelijkheid van technische maatregelen minder bedrijfszeker.
- De investeringen voor kunstwerken komen periodiek terug.

3.4.1 D1 Uitbreiding capaciteit bestaande gemalen

De mogelijkheden hiervoor verschillen van geval tot geval. Soms kan door het toerental van een motor op te voeren extra capaciteit worden gewonnen, doch dit is meestal al gauw gelimiteerd doordat andere onderdelen van het gemaal niet meer capaciteit aankunnen, zoals b.v. de aansluitende pers- of toevoerbuizen.

Voordelen:

Relatief goedkoop indien de capaciteit binnen de bestaande constructie kan worden opgevoerd. Het blijft dan één object om te beheren.

Kostenindicaties:

Deze zijn zeer divers en erg afhankelijk van de benodigde maatregelen ter plaatse. Dit kunnen zijn: mechanische aanpassingen, motorische, elektrotechnische, bouwkundige, enz. In veel gevallen is de capaciteit van de persleiding door het dijklichaam de limiterende factor van de maximaal haalbare capaciteit. Vooral dit laatste is erg kostbaar om te vervangen door een grotere. In dat geval is dikwijls sprake van een nieuw gemaal (D2).

Op grond van ervaringen en eerder opgestelde projectramingen van diverse gemalen in Zeeland kan geconcludeerd worden dat de kosten kunnen variëren van € 1.500,- tot € 8.000,- per m³/min.

Gemiddeld € 5.000,- per m³/min.

3.4.2 D2 Uitbreiding capaciteit met extra of vervangend gemaal

Voor forse capaciteitsuitbreiding moet er dikwijls een 2^e gemaal of pomp worden bijgebouwd. In dat geval kan ook worden overwogen om een andere locatie te kiezen. Deze mogelijkheid is uiteraard sterk afhankelijk van de ligging van het afvoerstelsel ten opzichte van het buitenwater.

Zoals ook hiervoor genoemd worden de investeringen ook voor een belangrijk deel bepaald of er wel of geen nieuwe passage door of over een waterkering moet worden gemaakt.

Voordelen:

- Een 2^e gemaal verhoogt de bedrijfszekerheid in het peilbeheer.
- Er kan met meer verschillende capaciteiten worden bemalen, kans op minder pendelen van een gemaal.
- Als gekozen wordt voor een andere locatie dan het bestaande gemaal, kan het peilbeheer op meerdere plaatsen in hetzelfde peilgebied beter geregeld worden.

Nadelen:

- Voor het technisch beheer is een tweede gemaal minder aantrekkelijk.
- Aanzienlijk duurder dan uitbreiding in bestaand gemaal.

Kostenindicaties:

Ook in dit geval kunnen de investeringen enorm variëren. In de bijlage 4 worden wat voorbeelden genoemd.

Een nieuw gemaal met passage van een waterkering: € 5.000,- tot € 25.000,-. Gemiddeld € 15.000,- per m³/min.

Grotere onderbemalingen, niet uitslaand op buitenwater: € 4.500,- tot 13.500,- per m³/min.

Gemiddeld € 10.000,- per m³/min.

Kleinere onderbemalingen tot 20 m³/min: € 1.400,- tot € 2.300,- per m³/min. Gemiddeld € 2.000,- per m³/min.

3.4.3 D3 Maken suatiesluizen

Van oudsher bestonden er veel suatiesluizen in Zeeland, die door een afvoer onder vrij verval naar het lagere buitenwater bij eb dikwijls over enorm veel afvoercapaciteit beschikten. Met het versterken van de zeekeringen vanaf de jaren '70 zijn diverse sluizen opgeruimd en vervangen door elektrische gemalen.

Uiteraard worden aan dergelijke nieuwe kunstwerken hoge veiligheidseisen gesteld en kunnen de investeringen soms hoger liggen dan bij een gemaal, maar met de belangrijke voordelen van een sluis kan dit aloude principe toch zeer aantrekkelijk zijn.

Naarmate het streefpeil in de polder hoger ligt dan de gemiddelde buitenwaterstand neemt de capaciteit van de sluis toe. Er moet dus ook rekening gehouden worden met de verwachte stijging van de zeespiegel.

Omdat de aanlegkosten zeer hoog zijn, is een dergelijke investering alleen aantrekkelijk bij de grotere afvoergebieden.

Voordelen:

- Zeer hoge afvoercapaciteit mogelijk.
- Geen energiekosten.
- Intrek mogelijk van glasaal en andere brakwater-organismen.
- Beheer technisch als kunstwerk aantrekkelijker dan gemaal.

Nadelen:

- Zeer hoge investeringen, mede door hoge eisen aan veiligheid.
- Nauwkeurig peilbeheer in de polder moet nog met afzonderlijk kunstwerk geregeld worden.
- Spuiboezem nodig.
- Afvoercapaciteit afhankelijk van lage buitenwaterstand. De afvoer en een nauwkeurig peilbeheer is daardoor niet elke dag gegarandeerd.
- Capaciteit wordt minder naarmate de zeespiegel verder stijgt.
- Afvoer is moeilijker te meten.

Kosten indicaties:

Kostenraming nieuwe sluis in Afsluitdijk: € 0,14 miljoen per m² natte doorstroom-opening.

Kostenraming nieuwe sluis in Zandkreeksdam: € 0,45 miljoen per m² natte doorstroom-opening.

3.4.4 D4 Verhoging afvoercapaciteit waterlopenstelsel

Zoals hiervoor gesteld, is het afvoerstelsel zo sterk als de zwakste schakel. Indien bepaalde waterlopen te klein zijn ten opzichte van andere schakels in het afvoerstelsel, zullen ze in het natte dwarsprofiel verruimd moeten worden. Indien hiervoor beperkte ruimte beschikbaar is moet gestreefd worden naar het hydraulisch meest optimale profiel, dat wil zeggen met een verhouding van b:h van ongeveer 2:1.

Is er meer ruimte (en geld) beschikbaar dan verdienen bredere over-gedimensioneerde waterlopen de voorkeur omdat dan gelijktijdig meer extra bergingscapaciteit wordt gemaakt (zie A2). Overigens zal bij een goed onderhouden waterlopenstelsel de afvoercapaciteit in het algemeen al stukken beter zijn.

Voordelen:

- Kan gecombineerd worden met meer bergingscapaciteit.

Nadelen:

- Elke capaciteitsuitbreiding wordt gelimiteerd door (volgende) zwakste schakel.
- Kan relatief duur uitpakken o.a. als er grond moet worden aangekocht of grond moet worden bemonsterd en/of afgevoerd.

Kostenindicaties:

Zie bij A2.

3.4.5 D5 Verhoging afvoercapaciteit duikers en stuwen

Ook hier geldt het principe van de zwakste schakels. (Te) kleine en soms verstopte duikers kunnen nogal eens de bottleneck zijn in afvoersystemen. Hoewel ze puur hydraulisch berekend vaak wel voldoen, bestaat toch de kans dat vooral veel kleinere duikers gemakkelijk verstopt raken. Het nieuwe dammenbeleid van waterschap Zeeuwse Eilanden (1995) schrijft mede daardoor bij nieuwe dammen doorgaans grotere diameters voor dan daarvoor gebruikelijk was.

Bij erg grote duikers daarentegen komt het ook nogal eens voor dat er een forse sliblaag op de bodem ligt. Naarmate de stroomsnelheid (in te grote duikers) kleiner wordt, neemt dit risico toe.

Bij stuwen moet gestreefd worden naar een iets bredere kruin dan hydraulisch gezien strikt nodig is, opdat er meer afvoercapaciteit is en minder peilfluctuaties optreedt. Ook drijfvuil blijft dan minder vaak hangen en stremmen. Een andere goede maatregel kan zijn het automatiseren van een beweegbare stuw. In dat geval reageert een stuw veel sneller op het aanbod van water, waardoor indirect meer capaciteit ontstaat.

Zowel voor duikers als stuwen geldt dat goed onderhoud altijd geboden is.

Voordelen:

- Buiten de verhoging van de afvoercapaciteit zijn de grotere objecten ook minder kwetsbaar met betrekking tot verstopping.

Nadelen:

- Het water kan soms ook te snel worden afgevoerd.
- In te grote duikers blijft vaak meer slib liggen.

Kostenindicaties:

Perceeldam vervuimen/ vervangen: circa € 2.300,-

Een wegduiker vervuimen/ vervangen: € 4.500,- tot € 13.500,-

Een stuw vervangen/ verbreden: € 4.500,- tot € 13.500,-

Een gemiddelde prijs voor een kunstwerk vervangen is derhalve geschat op € 10.000,-

3.4.6 D6 Uitbreiden drainagecapaciteit

Indien de oude drainage nog goed functioneert wordt door het leggen van nieuwe drainage tussen de bestaande een verdubbeling van de capaciteit verkregen.

Uit de modelberekeningen én uit de praktijk is gebleken dat in de huidige situatie de afvoercapaciteit van de drainage de eerste belangrijke barrière vormt in het afvoerproces, waardoor te lang te hoge grondwaterstanden voor kunnen komen, met als gevolg schade aan het gewas.

De benodigde investeringen komen in beginsel voor de perceeleigenaar/-gebruiker. In de bebouwde kom kan dit ook de gemeente zijn.

Voordelen:

- Betere ontwatering van de percelen, minder schade of opbrengstvermindering.
- Minder sterke stijging van de grondwaterstand, dus meer berging in de bodem.

Nadelen:

- Zodra de totale drainagecapaciteit te veel wordt opgevoerd, moet ook de capaciteit van het afvoerstelsel weer worden opgevoerd.
- Afhankelijk van particuliere investeringen.

Kosten indicatie

In de praktijk betekent het uitbreiden van de drainagecapaciteit dikwijls dat de bestaande drainages worden vervangen of uitgebreid door nieuwe drains tussen de oude te leggen, zonodig op een andere diepte. De investering is dan ongeveer gelijk aan een eerste drainage van een perceel. In de praktijk bedraagt dit ongeveer € 900,- per ha.

3.5 Conclusies

Uit de opsomming van mogelijke maatregelen met de voor en nadelen en een indicatie van de kosten kunnen de volgende conclusie worden getrokken

- Structurele peilverlaging (A1) is vanwege de vele nadelen en niet passend in het huidige beleid niet verder meegenomen
- Verruiming van waterlopen en natuurvriendelijke oevers (A2) worden in een verdere uitwerking meegenomen.

- Tijdelijke hogere peilen (vasthouden) (A3) wordt in de verdere uitwerking meegenomen.
- Tijdelijk peilverlaging (flexibel peilbeheer) (B1) wordt nu ook al toegepast. Veel winst is daarbij niet meer te behalen. Wordt verder niet meegenomen.
- Overstroming van begrensde en onbegrensde gebieden (C1 en C2) wordt in de verdere berekeningen meegenomen.
- Uitbreiding afvoer capaciteit (D1 en D2) lijkt in een aantal gevallen goede mogelijkheden te beiden. Wordt verder in de uitwerking meegenomen.
- Maken suatiesluizen (D3) wordt vanwege de zeer hoge investeringen verder niet uitgewerkt.
- Verhoging afvoercapaciteit waterlopen en kunstwerken (D4 en D5) wordt in de uitwerking meegenomen in die gevallen als dit de zwakste schakel is.
- Uitbreiding drainage capaciteit (D6) wordt in de verdere uitwerking meegenomen omdat bij hoge neerslag in veel gevallen de drainage capaciteit de beperkende factor is.

4 Werkwijze

Voor het bepalen van de wateropgave voor Zeeland zijn voor het landelijk en het stedelijk gebied afzonderlijke benaderingen gevolgd. Reden is dat het volledig anders reagerende systemen zijn en dat er geen instrument voorhanden was om beide systemen in samenhang te bekijken. Voor de resultaten van de wateropgave heeft de gescheiden benadering van beide systemen overigens geen consequenties.

De werkwijze voor de analyse van de overlast-problematiek bestaat uit twee stappen:

1. De verkenning van het risico van inundatie, uitgaande van de landelijke normering zowel in landelijk als stedelijk gebied.
2. De verkenning van het risico van landbouwschade in het landelijk gebied, wat tot verder gaande maatregelen kan leiden dan voor het voorkomen van inundatie nodig is.

Onderstaand worden beide benaderingen nader toegelicht.

4.1 Landelijk gebied

Voor de bepaling van de te verwachten wateroverlast en de maatregelen die getroffen kunnen worden om wateroverlast te voorkomen, is een eenvoudig neerslag-afvoermodel ontwikkeld (**SIWOP: Snelle Indicatie WaterOverlastProblematiek**). Belangrijkste resultaat van dit rekenprogramma is het al of niet optreden van wateroverlast. Het betreft een zogenaamd 'bakkenmodel' dat berekeningen uitvoert in mm's inundatie bij een bepaalde neerslag situatie.

De belangrijkste vraag die door dit model beantwoord wordt, is of en in welke mate wateroverlast te verwachten is bij neerslagsituaties met bepaalde frequenties van voorkomen. Gerekend is met de neerslagreeksen die in het kader van de SysteemAnalyse Schouwen (SAS-studie) zijn vastgesteld met frequenties van 1/1, 1/10, 1/25, 1/50 en 1/100 (zie hoofdstuk 2).

Aangezien het gaat om de vraag of grotere neerslaghoeveelheden in een tijdsbestek van een of enkele dagen opgevangen en afgevoerd kunnen worden, zijn gegevens als kwel en infiltratie buiten beschouwing gelaten. Verdamping is echter wel meegenomen.

Aan de hand van op te geven waarden voor o.a. afvoercapaciteit en maximaal beschikbare berging in bodem en oppervlaktewater geeft het model zowel zicht op de vraag of wateroverlast op zal treden als op het verloop van de volgende parameters:

- grondwaterstand,
- drainageafvoer,
- oppervlaktewaterpeil,
- afvoerdebiet

Tussen deze parameters zijn onderlinge afhankelijkheden ingebouwd, zodat bv. remming van de drainafvoer optreedt als het oppervlaktewaterpeil boven drainniveau uitkomt.

Om de diversiteit van het grondgebied van de provincie in het model te kunnen verwerken is aan de hand van bodemkenmerken en hoogteligging een verdeling gemaakt in vier gebiedstypen; hoog, middelhoog, middellaag en laag (zie kaart hoofdstuk 2). Ruwweg betekent dit dat de duinen (zand) in deelgebied hoog en de poelgronden (klei/veen) in deelgebied laag vallen.

Tabel 4.1: Oppervlakte verdeling deelgebieden

Deelgebied landelijk	Percentage	Oppervlakte
Laag	20 %	31.000 ha
Middellaag	44 %	70.000 ha
Middelhoog	25 %	40.000 ha
Hoog	11 %	18.000 ha
Totaal	100 %	159.000 ha

In de berekeningen zijn de deelgebieden aan elkaar gekoppeld waarbij de afvoer vanuit hoog, via middelhoog en middellaag naar laag plaatsvindt en van daaruit uitgemalen wordt. Eventuele stremming van afvoer door peilstijging in een lager gelegen deelgebied is in de berekeningen verwerkt.

Zie bijlage 5 voor een uitgebreide beschrijving van SIWOP en de kenmerken per deelgebied.

De WB21-benadering verstaat onder wateroverlast alleen de inundatie van gebieden. Omdat het vermoeden bestond dat met name voor landbouwgewassen de schade bij extreme neerslag niet

zozeer door inundatie als wel door te hoge grondwaterstanden veroorzaakt wordt, is tevens een gewasschademodel ontwikkeld. In dit model wordt de schade door extreme neerslag benaderd met behulp van de SKOW-methode (Som van de geKwadrateerde OverschrijdingsWaarden van de kritische grondwaterstand). Uitgangspunt van deze methode is dat schade aan gewassen ontstaat zodra de grondwaterstand de onderkant van de wortelzone overschrijdt. De schade neemt toe naarmate de grondwaterstand verder en langer boven deze grens uitkomt.

Aangezien het grondwaterstandsverloop met SIWOP berekend wordt, is het mogelijk om voor verschillende situaties de SKOW-waarden te bepalen. Op basis van de vastgestelde SKOW-waarden geeft het gewasschademodel een benadering van de optredende schade.

Een uitgebreide beschrijving van het model voor landbouwschade is opgenomen in bijlage 7.

4.2 Stedelijk gebied

Ook voor het stedelijk gebied wordt de te verwachten wateroverlast bij verschillende neerslagscenario's berekend met een eenvoudig neerslag-afvoermodel. Als basis hiervoor is het rekenmodel gebruikt dat het waterschap Zeeuwse Eilanden gebruikt voor de berekening van de benodigde hoeveelheid berging in gedeeltelijk verharde gebieden. Net als SIWOP is dit een bakkenmodel dat rekent in mm's.

Op basis van o.a. neerslagreeksen, verhardingspercentages en rioleringsystemen berekent dit model de peilstijging en eventuele inundatie bij overschrijding van de beschikbare berging. Om te kunnen rekenen met zowel gedraineerd als niet gedraineerd onverhard gebied is het model enigszins aangepast.

Een uitgebreide beschrijving van het hydrologisch model bebouwd gebied is weergegeven in bijlage 6.

4.3 Werwijze samenvattend

- Met behulp van SIWOP (uitleg model zie bijlage 5) en hydrologisch model bebouwd gebied (uitleg model zie bijlage 6) wordt de inundatie (overstroming) in mm bij een bepaalde neerslag frequentie bepaald.
- Om die overstroming bij een bepaalde neerslagfrequentie te voorkomen worden technische maatregelen ontworpen). Deze technische maatregelen, de ruimte en kosten die dit met zich meebrengt worden verwoord in hoofdstuk 6.3 (uitgangspunten zie bijlage 8)
- De verandering in Landbouwkundige schade die deze technische maatregelen tot gevolg hebben worden berekend met het schademodel (zie bijlage 7). De resultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 6.4)

5 Knelpunten in de bestaande situatie

5.1 Landelijk gebied

Om te beginnen is de huidige situatie van de waterhuishouding (bergingsruimte en afvoercapaciteit) doorgerekend voor het jaar 2000, 2050 en 2100. Daarna wordt ingegaan op de schade door hoge grondwaterstanden.

5.1.1 Inundatie

Berekend is of er inundatie optreedt in de verschillende deelgebieden en voor verschillende overschrijdingskansen waardoor de effecten van alleen de klimaatsverandering duidelijk worden zonder dat er maatregelen genomen worden. Daarbij is aangenomen dat het bebouwd gebied alles binnen het eigen gebied oplost.

De resultaten staan in onderstaande tabel. In tabel 5.1 is de inundatie (maximale dikte en duur) eerst alleen weergegeven voor deelgebied Laag omdat er geen inundatie in de andere deelgebieden aan de orde is. Tweede deel van de tabel geeft de maximale dikte en duur van een waterschijf, gerekend over het gehele gebied. De duur geeft aan hoe lang de inundatie duurt.

Tabel 5.1: Inundatie dikte en duur voor deelgebied LAAG en GEHELE gebied bij verschillende neerslagfrequenties en klimaatscenario's

2000	1:10		1:25		1:50		1:100	
Deelgebied <u>LAAG</u>	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]
2000	0	0	0	0	10.8	1.9	49.3	5.3
2050	0	0	9.0	1.3	43.3	4.9	92.6	7.3
2100	5.4	0.8	34.7	4.4	80.8	6.8	139.1	8.8

2050	1:10		1:25		1:50		1:100	
<u>GEHELE</u> gebied	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]
2000	0	0	0	0	2.1	1.9	9.6	5.3
2050	0	0	1.8	1.3	8.4	4.9	18.1	7.3
2100	1.1	0.8	6.8	4.4	15.8	6.8	27.1	8.8

De maximale dikte van de waterschijf kan omgerekend worden naar de oppervlakte inundatie, rekening houdend met het verloop in maaiveldhoogte.

Conclusies

- In de huidige situaties (situatie 2000) wordt voldaan aan de landelijke normering, vooropgesteld dat de waterhuishouding op orde is.
- In 2050 is er bij een frequentie van 1 x per 25 jaar inundatie te verwachten. Hier zijn maatregelen nodig om akkerbouw hiervan te vrijwaren.
- Voor hoogwaardige land- en tuinbouw en glastuinbouw in laag gelegen gebieden zijn 'ingrijpende' maatregelen nodig, tenzij deze mogelijkheid wordt uitgesloten.

5.1.2 Schade door te hoge grondwaterstanden

Bij hogere neerslag dan de drainagecapaciteit zal de grondwaterstand snel stijgen. De afvoer via de drainage kan de aanvoer via de neerslag dan niet bijhouden. Dat is uiteraard nog sterker op gronden waar geen drainage aanwezig is.

Als het oppervlaktewaterpeil boven het drainageniveau stijgt zal dat de drainageafvoer remmen. In situaties dat de neerslag groter is dan de drainagecapaciteit is dat naar verwachting niet maatgevend omdat de toevoer van infiltrerende neerslag naar het grondwater veel groter is dan de afvoer via de drainage, geremd of niet geremd.

Na de extreme neerslag moet de drainageafvoer er voor zorgen dat de grondwaterstand weer op het gewenste niveau komt. In die situatie is de invloed van het oppervlaktewaterpeil van belang. Als het

oppervlaktewaterpeil te hoog blijft, zal de drainage niet optimaal werken en blijft de grondwaterstand dus langer op een te hoog niveau.

Samenvattend komt het er op neer dat, bij extreme neerslag en gelijk blijvende drainagecapaciteit, een te hoge grondwaterstand nauwelijks te voorkomen is, maar dat de duur van die te hoge grondwaterstand wel beïnvloed kan worden.

Een hoge grondwaterstand kan er toe leiden dat de wortels van het gewas in het water komen te staan, waardoor deze door zuurstofgebrek afsterft. De schade die daardoor ontstaat wordt bepaald door de duur en de mate waarin de wortels in het water staan.

Een belangrijke factor in dit verband is de maximale drainageafvoercapaciteit. In de huidige situatie wordt aangenomen dat die ongeveer 14 mm/dag bedraagt bij een grondwaterstand aan maaiveld. Bij de berekeningen is er van uitgegaan dat er alle percelen zijn gedraineerd.

De aanleg van drainage is de verantwoordelijkheid van de grondeigenaar of -gebruiker. De waterbeheerder kan dat dus niet sturen. Wel kan de waterbeheerder ruimte bieden om de vergroting van die drainageafvoercapaciteit zinvol te maken. Het extra water dat dan per dag via de drainage aangevoerd wordt moet dan ook verwerkt kunnen worden.

Met het model SIWOP is, voor de verschillende situaties en voor de verschillende deelgebieden, het verloop van de grondwaterstand berekend. Op basis daarvan is met het schademodel de gewasschade bepaald. Bij de verschillende jaartallen is uitgegaan van een gewasverdeling zoals die naar verwachting in 2050 aanwezig zal zijn. In de onderstaande tabel staat de te verwachten jaarlijkse schade in 2000, 2050 en 2100.

Tabel 5.2: Jaarlijkse schade voor de landbouw als gevolg van hoge waterstanden

Jaarlijkse schade	2000		2050		2100	
	schade [%]	schade [€/ha]	schade [%]	schade [€/ha]	schade [%]	schade [€/ha]
Deelgebied						
Laag	11.4	367	15.0	463	17.6	521
Middellaag	12.5	570	15.3	694	18.4	848
Middelhoog	6.9	554	12.0	913	16.9	1264
Hoog	2.4	222	4.7	429	8.1	716
Het totale gebied	9.8	487	13.3	673	16.7	872

5.2 Bebouwd gebied

Voor het stedelijk gebied is uitgegaan van een areaalverdeling voor de verschillende types bebouwd gebied. Voor het percentage onverhard gebied is als volgt een schatting gemaakt. Als een perceel met woning en de aangrenzende straat wordt beschouwd dan ligt het percentage onverhard gemiddeld op ongeveer 50%. Het verhard oppervlak dat niet direct aan een woning grenst, zoals pleinen en toegangswegen, zit daar dus niet bij, maar dat geldt bijvoorbeeld ook voor plantsoenen. Daarom is voor het percentage onverhard (inclusief open water) gekozen voor 45%.

Verder is een areaalverdeling weergegeven voor:

- de huidige situatie (2000)
- voor de situatie over vijftig jaar. (2050)
 - (2050 A) situatie waarin rekening gehouden is met alleen klimaatsverandering
 - (2050 B) situatie waarbij alleen volledig overgegaan is op verbeterd gescheiden stelsel en 50% is afgekoppeld
 - (2050 C) situatie waarin alleen uitgegaan is van een verdubbeling van de drainage.

Dat maakt het mogelijk de gevolgen van verschillende wijzigingen zichtbaar te maken. Dit geeft de volgende areaalverdelingen:

Tabel 5.3: Areaal verdeling verhard gebied

	2000	2050 A	2050 B	2050 C
Gevolgen klimaatscenario	Niet	Wel	Niet	Wel
open water,	2%	2%	2%	2%
onverhard, niet gedraineerd	38%	38%	38%	33%
onverhard, gedraineerd	5%	5%	5%	10%
verhard met afvoer naar oppervlaktewater	10%	10%	30%	10%
verhard met verbeterd gescheiden rioolstelsel	5%	5%	25%	5%
verhard met gemengd rioolstelsel	40%	40%	0%	40%

Percentage open water in de huidige situatie

In de bovenstaande tabel is voor het percentage open water 2% aangehouden. Dat percentage wordt gebruikt voor de berekening van de hoeveelheid water die verwerkt moet worden. Alle neerslag die op open water valt moet immers direct geborgen of afgevoerd worden.

Aangenomen wordt dat de berging in stedelijk gebied in open water plaats vindt. Om na te gaan of er voldoende bergingscapaciteit is, is het van belang om het percentage open water wat nauwkeuriger te schatten. Daarvoor is, op basis van het TOP10Vector-bestand, voor een aantal kernen de oppervlakte van de kern, de oppervlakte van brede wateren en de lengte van de waterlopen bepaald. Uitgaande van een gemiddelde breedte van de waterloop van 4 meter kan zo per kern het percentage oppervlaktewater worden geschat. Op basis daarvan is uitgegaan van een (lager) percentage van 1,15 %, wat overeenkomt met de noodzakelijke berging in de huidige situatie (volgens de berekeningen). Dat betekent dus dat de huidige berging juist voldoende is in de huidige situatie.

Oppervlakte bebouwd gebied

Tabel 5.4: Ontwikkeling oppervlakte bebouwd gebied.

Oppervlakte [ha]	2000	2050
Bebouwd gebied	16.000	20.000

Berekeningsresultaten

In de tabel 5.5 is een de inundatie in mm en de duur van de inundatie weergegeven uitgaande van bestaande bebouwing bij de huidige afvoercapaciteit van gemiddeld 12 mm/dag. In tabel 5.6 en 5.7 is de benodigde berging (in ha) weergegeven om inundatie bij bestaande en nieuwe bebouwing te voorkomen. Hoewel het voor gebouwd gebied gaat om een frequentie van 1 x per 100 jaar worden ook de andere frequentie weergegeven.

Tabel 5.5: De te verwachten inundatie als geen extra maatregelen worden getroffen

Inundatie	1:10		1:25		1:50		1:100	
Situatie	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]
2000	0	0	0	0	0	0	0	0
2050 A	0	0	0	0	0	0	5	1
2050 B	0	0	2	1	7	1	12	2
2050 C	0	0	0	0	0	0	1	1

Tabel 5.6: Extra berging [ha] bij de huidige afvoercapaciteit van gemiddeld 12 mm/dag.

Berging	1:10		1:25		1:50		1:100	
Situatie	bestaand	nieuw	bestaand	nieuw	bestaand	nieuw	bestaand	nieuw
2000	0	-	0	-	0	-	0	-
2050 A	0	26	0	31	0	44	80	66
2050 B	0	38	30	53	107	72	192	94
2050 C	0	19	0	24	0	36	18	50

In dien de afvoercapaciteit wordt verhoogd van 12 mm/dag naar 13,5 mm/dag zal dit een afname van de berging (die inundatie moet voorkomen) met zich meebrengen. De dan benodigde berging in (ha) is weergegeven in de onderstaande tabel 5.7.

Tabel 5.7: Extra berging [ha] bij een afvoercapaciteit van gemiddeld 13,5 mm/dag (exclusief de ruimte die nodig voor de extra afvoercapaciteit.

Berging	1:10		1:25		1:50		1:100	
Situatie	bestaand	nieuw	bestaand	nieuw	bestaand	nieuw	bestaand	nieuw
2000	0	-	0	-	0	-	0	-
2050 A	0	20	0	25	0	38	32	54
2050 B	0	31	0	41	59	60	144	82
2050 C	0	12	0	18	0	30	0	43

Conclusies en aandachtspunten

- Voor bebouwd gebied is een frequentie van 1 x per 100 jaar relevant.
- De extra neerslag als gevolg van de klimaatontwikkeling is niet de enige factor die extra maatregelen vergt. Vooral de omschakeling van gemengde rioolstelsels naar verbeterd gescheiden stelsels vraagt een forse inspanning om de wateroverlast binnen de perken te houden.
- Als het huidige beleid op het gebied van riolering wordt uitgevoerd en de afvoercapaciteit niet wordt vergroot, is in 2050 ongeveer 200 ha extra oppervlaktewater nodig voor bestaande bebouwing en 100 ha voor nieuwe uitbreidingen. Dat geldt voor een overschrijdingskans van 1 keer per 100 jaar.
- In de berekeningen is uitgegaan van een gemiddeld percentage aanwezig oppervlaktewater van 1,15%. Er zijn echter grote verschillen tussen de verschillende kernen. In vooral de kleinere kernen is vaak helemaal geen oppervlaktewater aanwezig. Kernen met vesten die nog open zijn beschikken daarentegen vaak over meer oppervlaktewater dan 1,15%.
- Bij de bepaling van het percentage aanwezig oppervlaktewater is geen rekening gehouden met aangrenzend oppervlaktewater in het landelijk gebied. Per kern zal bekeken moeten worden of dat een oplossing kan bieden.
- Wateroverlast die nu nog niet in beschouwing is genomen is de toestroming van water uit het landelijk gebied en wateroverlast door onvoldoende capaciteit van de riolering. Bij extreme neerslag zullen delen van het landelijk gebied onder water komen te staan. Dat water stroomt dan naar de laagst gelegen delen. Bebouwing op die lage plekken loopt het risico ook te maken te krijgen met die vorm van wateroverlast, tenzij gerichte maatregelen worden getroffen. De capaciteit van de riolering speelt een belangrijke rol bij intensieve regenbuien. Het maakt niet uit of dat in de winter of de zomer is. Bij zware buien kan de riolering de hoeveelheid neerslag niet snel genoeg verwerken en komt het water op straat te staan. In bijzondere gevallen kan het ook tot in de woningen doordringen.

6 Resultaten

6.1 Algemeen

In dit hoofdstuk komen de resultaten van het doorrekenen van verschillende scenario's aan de orde. In het kader van de trits "vasthouden, bergen, afvoeren" worden eerst de resultaten weergegeven van "vasthouden" en tijdelijk bergen. Daarna zal ingegaan worden op de andere scenario's om wateroverlast door overstroming te voorkomen. In de laatste paragraaf wordt nog afzonderlijk ingegaan op effecten van maatregelen op landbouw schade.

6.2 Vasthouden (tijdelijk bergen)

"Vasthouden" is het water dat tijdelijk in en op de bodem geborgen wordt. In Zeeland is extra berging in de bodem niet meer aan de orde. In situaties met extreme neerslag staat de grondwaterstand vrijwel overal tot aan het maaiveld. Een andere mogelijkheid is water tijdelijk in het oppervlakte water vasthouden. Volgens de definitie behoort dit tot "bergen".

In het landelijk gebied kan in de hogere deelgebieden water worden vastgehouden (bergen) door de stuwen tijdelijk hoger te stellen of door de afvoercapaciteit te beperken (zie hoofdstuk 3, maatregel A3). Daardoor wordt de afwenteling op deelgebied Laag verminderd.

Om de gevolgen van tijdelijk bergen in oppervlaktewater te verkennen is een variant doorerekend waarbij de afvoercapaciteit van de deelgebieden middellaag, middelhoog en hoog beperkt is. Hiervoor is een remmingsfactor toegepast waarmee de berekende afvoer vermenigvuldigd is met 0 (resultaat is geen afvoer) bij een oppervlaktewaterpeil 'op peil' oplopend tot 1 (volledige afvoer) bij een oppervlaktewaterpeil van 10cm-mv of hoger. In deelgebied laag blijkt dat tot iets minder inundatie te leiden. Dat wordt duidelijk door de resultaten in de onderstaande tabel te vergelijken met de tabel 5.1 voor 2050 in het vorige hoofdstuk..

Tabel 6.1: Inundatie (2050) per deelgebied bij verschillende neerslagfrequenties door bergen.

Vasthouden 2050	1:10		1:25		1:50		1:100	
Deelgebied	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]	dikte [mm]	duur [dagen]
Laag	0	0	7.6	0.9	42.0	4.3	89.0	6.8
Middellaag	0	0	0	0	0	0	0	0
Middelhoog	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoog	0	0	0	0	0	0	0	0

Vasthouden (bergen) in de hogere deelgebieden heeft wel tot gevolg dat de schade door te hoge grondwaterstanden aanzienlijk toeneemt. Dit is af te lezen uit de resultaten in de onderstaande tabel.

Tabel 6.2: Schade (in % en €) a.g.v. bergen t.o.v. de referentie

Jaarlijkse schade	Oppervl.	Referentie			Bergen		
	agrarisch [%]	schade [%]	schade [€/ha]	schade-tot [milj. €]	schade [%]	schade [€/ha]	schade-tot [milj. €]
Deelgebied							
Laag	20	15.0	463	15	12.9	417	13
Middellaag	44	15.3	694	49	18.6	856	60
Middelhoog	25	12.0	913	36	14.9	1135	45
Hoog	11	4.7	429	7	5.3	483	8
Het totale gebied	100	13.3	673	107	15.1	797	127

Voor het gehele agrarische gebied in Zeeland betekent dat een toename van de jaarlijkse schade door te hoge grondwaterstanden van € 107 miljoen in de huidige toestand tot € 127 miljoen in een situatie met vasthouden in de hogere deelgebieden. Een toename dus van € 20 miljoen per jaar.

Overigens moet hierbij opgemerkt worden dat de effecten van bergen in oppervlaktewater sterk bepaald zullen worden door de wijze waarop hier invulling aan wordt gegeven. Om de effecten zo beperkt mogelijk te houden is een vergaand geautomatiseerde sturing van de afvoer noodzakelijk, waarbij rekening gehouden wordt met grondwaterstandsverlopen, peilverschillen, e.d.

Conclusie

Voor Zeeland biedt het meer “vasthouden” in de bodem geen soelaas omdat de grondwaterstand bij extreme neerslag tot in het maaiveld staat. Ook het tijdelijk vasthouden van oppervlaktewater (bergen) in het landelijk gebied (agrarisch deel) biedt weinig mogelijkheden. Het tijdelijk vasthouden (bergen) wordt reeds maximaal gedaan en de schade door te hoge grondwaterstanden geeft eerder aanleiding om minder vast te houden. Verder is er in Zeeland nagenoeg geen sprake van afwenteling. Voor Zeeland kan daarom beter gekozen worden voor meer berging door vergroting van het open wateroppervlak in combinatie met enige verhoging van de afvoercapaciteit. Via de scenario's in de volgende paragraaf zal hier nader op worden ingegaan.

6.3 Ruimte en kosten bij scenario's om wateroverlast door overstroming te voorkomen

Het voorkomen van wateroverlast door overstroming door middel van technische maatregelen kan op verschillende manieren. De omvang van de maatregelen hangt af van de norm die gehanteerd wordt voor die wateroverlast. En verder zijn er verschillende oorzaken voor een toename van de kans op wateroverlast door overstroming. Met behulp van het modelinstrumentarium is voor verschillende combinaties van oorzaak, norm en maatregelen uitgerekend wat daarvan de consequenties zijn ten aanzien van de benodigde ruimte en de kosten. In de onderstaande tabellen is voor zowel het landelijk gebied als het bebouwd gebied de resultaten van die berekeningen samengevat.

Voor het landelijk gebied (oppervlakte 159.000 ha) is met name een neerslag frequentie van 1 x per 25 jaar het meest van belang en voor bebouwd gebied (oppervlakte bestaand 16.00 ha en nieuw 4.000 ha) een frequentie van 1 x per 100 jaar.

De getallen die staan in de kolom “Extra berging in mm” en in de kolom “Extra afvoer in mm” zijn resultaten van de berekeningen met het model SIWOP (landelijk gebied) en het hydrologisch model bebouwd gebied.

Voor de afvoercapaciteit van het bebouwd gebied wordt een maximale afvoercapaciteit aangehouden die overeenkomt met de afvoercapaciteit van het landelijk gebied bij een norm van 1/25, omdat de afvoer uit het bebouwd gebied meestal via het landelijk gebied plaats vindt. Voor de bestaande bebouwing is uitgegaan van 1,15 % aanwezige berging. Voor nieuwe bebouwing is aangenomen dat alle noodzakelijk berging gerealiseerd moet worden.

De kosten zijn uitgedrukt in de Contante Waarde voor de periode tot 2050. Voor de berekening van de Contante Waarde is uitgegaan van een rentevoet van 4%. De uitgangspunten voor de berekening van ruimte en kosten zijn opgenomen in bijlage 8 (Uitgangspunten bepaling ruimte en kosten).

Eerst zal ingegaan worden op scenario's op basis waarvan besluiten dienen te worden genomen die voortvloeien een autonome toename van de neerslag en uit bestaand en voorgenomen beleid (behalen normering landelijk en bebouwd gebied en aanpassing riolering). Het gaat om de scenario's:

- Toename neerslagintensiteit als gevolg van de klimaatontwikkeling (autonoom)
- Aanpassingen riolering in bebouwd gebied (Beleid)

Daarna zullen de resultaten van een aantal scenario's worden weergegeven die meer gezien moeten worden als mogelijke opties. Het gaat om de scenario's:

- Intensivering drainage
- Verhoging grondwaterstand in deelgebied Laag
- Verhoging grondwaterstand in deelgebied Middelhoog en Hoog

6.3.1 Toename neerslagintensiteit als gevolg van de klimaatontwikkeling

In deze paragraaf wordt de benodigde ruimte en kosten weergegeven die nodig zijn om inundatie bij een bepaalde neerslag frequentie te voorkomen. Hierbij is uitgegaan van de klimaatsontwikkeling volgens het WB 21 middenscenario (+ 10% neerslag toename) in het jaar 2050.

Achtereenvolgens worden de resultaten weergegeven van het landelijk gebied bij een neerslag frequentie van 1 maal per 25, 50 en 100 jaar. Daarna wordt ingegaan op de het bebouwd gebied 1 maal per 100 jaar.

De benodigde extra berging en/of afvoercapaciteit aangegeven om inundatie te voorkomen kunnen niet rechtstreeks uit de tabellen in hoofdstuk 5.1.1. (inundatie) gehaald worden, maar is als volgt bepaald.

In de berekeningen is het percentage oppervlaktewater in deelgebied Laag in stappen van 0,25% en/of de afvoercapaciteit in stappen van 0,5 mm/d verhoogd totdat geen inundatie meer berekend wordt.

Voor RBS2050 resulteert dit bijvoorbeeld in een benodigde extra oppervlakte oppervlaktewater van 1,5% voor deelgebied Laag, wat overeenkomt met 0,3% voor het gehele landelijk gebied. Uitgaande van een maximaal toelaatbare peilstijging van 90cm komt die 0,3% overeen met 2,7mm bij een van 1/25. Bij een norm van 1/50 en 1/100 wordt dit respectievelijk 9,9 mm en 19,8 mm.

Tabel 6.3: Maatregelen met kosten en ruimte voor het landelijk gebied bij een norm van 1/25.

Landelijk gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 25		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	2,7	0	468	40	57
	Natuurvriendelijke oevers			702	55	81
	Gecontroleerde inundatie			104	30	50
Bergen en afvoeren	Open water	1,4	1,5	309	44	81
	Natuurvriendelijke oevers			464	54	96
	Gecontroleerde inundatie			73	34	68
Afvoeren		0	2,5	125	41	87

Tabel 6.4: Opbouw kosten.

Landelijk gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 25		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	17	35	10	12
	Natuurvriendelijke oevers	26	53	10	18
	Gecontroleerde inundatie	20	40	5	3
Bergen en afvoeren	Open water	25	61	12	8
	Natuurvriendelijke oevers	30	72	12	12
	Gecontroleerde inundatie	24	58	8	2
Afvoeren		27	73	11	3

Als voor het landelijk gebied een Norm van 1 / 50 jaar aangehouden wordt, dan zijn de volgende maatregelen nodig.

Tabel 6.5: Maatregelen met kosten en ruimte voor het landelijk gebied bij een norm van 1/50.

Landelijk gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 50		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	9,9	0	1716	146	209
	Natuurvriendelijke oevers			2574	200	296
	Gecontroleerde inundatie			199	107	179
Bergen en afvoeren	Open water	3,6	5	874	134	250
	Natuurvriendelijke oevers			1311	162	294
	Gecontroleerde inundatie			120	100	209
Afvoeren		0	9	450	146	313

Tabel 6.6: Opbouw kosten voor landelijk gebied.

Landelijk gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 50		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	64	127	37	45
	Natuurvriendelijke oevers	96	192	37	67
	Gecontroleerde inundatie	77	149	25	5
Bergen en afvoeren	Open water	76	192	35	23
	Natuurvriendelijke oevers	93	225	35	34
	Gecontroleerde inundatie	72	181	25	3

Afvoeren	95	262	39	12
----------	----	-----	----	----

Als voor het landelijk gebied een Norm van 1 / 100 jaar aangehouden wordt, dan zijn de volgende maatregelen nodig.

Tabel 6.7: Maatregelen met kosten en ruimte voor landelijk gebied bij een norm van 1/100.

Landelijk gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 100		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	19,8	0	3432	291	419
	Natuurvriendelijke oevers			5148	400	592
	Gecontroleerde inundatie			281	211	354
Bergen en afvoeren	Open water	7,2	8	1648	236	430
	Natuurvriendelijke oevers			2472	288	513
	Gecontroleerde inundatie			170	175	359
Afvoeren		0	17	850	277	590

Tabel 6.8: Opbouw kosten voor landelijk gebied.

Landelijk gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 100		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	127	255	74	90
	Natuurvriendelijke oevers	192	384	74	134
	Gecontroleerde inundatie	154	297	50	7
Bergen en afvoeren	Open water	132	326	61	43
	Natuurvriendelijke oevers	163	388	61	64
	Gecontroleerde inundatie	126	310	45	4
Afvoeren		181	494	74	22

Voor het bebouwd gebied, gesplitst in bestaand en nieuwe bebouwing, levert dat het volgende op. De benodigde mm berging bebouwd gebied is gebaseerd op de resultaten van het hydrologisch model bebouwd gebied zoals weergegeven in paragraaf 5.2, tabel 5.6 (situatie 2050A) indien er geen extra afvoer zal plaatsvinden en tabel 5.7 (situatie 2050A) indien de afvoercapaciteit met 1,5 mm/dag wordt vergroot tot 13,5 mm/dag. In het laatste geval is er bij de oppervlakte benodigde ruimte bij bestaande bebouwing (tabel 6.9) iets meer oppervlakte opgenomen omdat er ook rekening gehouden is met de benodigde ruimte voor extra afvoercapaciteit.

Tabel 6.9: Maatregelen met ruimte en kosten voor bestaand bebouwd gebied bij een norm van 1/100.

Bebouwd gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 100		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	5,0	0	80	12	15
	Natuurvriendelijke oevers			120	17	22
Bergen en afvoeren	Open water	2,0	1,5	40	8	12
	Natuurvriendelijke oevers			59	10	15
Afvoeren	Open water	0,5 ¹⁾	2,5	21	6	11
	Natuurvriendelijke oevers			31	8	13

¹⁾ Als gevolg van de maximale extra afvoercapaciteit naar landelijk gebied van 2,5 mm/dag kan niet bereikt worden dat geen extra berging meer nodig is.

Tabel 6.10: Opbouw kosten bestaand bebouwd gebied.

Bebouwd gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 100		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	3	6	2	7
	Natuurvriendelijke oevers	4	9	2	11
Bergen en afvoeren	Open water	3	7	1	4
	Natuurvriendelijke oevers	3	8	1	6

Afvoeren	Open water	3	8	1	2
	Natuurvriendelijke oevers	4	9	1	3

Tabel 6.11: Maatregelen met ruimte en kosten voor nieuw bebouwd gebied bij een norm van 1/100.

Bebouwd gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 100		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	16,5	0	66	10	12
	Natuurvriendelijke oevers			98	14	18
Bergen en afvoeren	Open water	13,5	1,5	54	9	11
	Natuurvriendelijke oevers			80	12	16
Afvoeren	Open water	12	2,5	48	8	11
	Natuurvriendelijke oevers			71	11	15

¹⁾ Als gevolg van de maximale extra afvoercapaciteit naar landelijk gebied van 2,5 mm/dag kan niet bereikt worden dat geen extra berging meer nodig is.

Tabel 6.12: Opbouw kosten nieuw bebouwd gebied.

Bebouwd gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 100		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	3	5	1	6
	Natuurvriendelijke oevers	4	7	1	9
Bergen en afvoeren	Open water	2	5	1	5
	Natuurvriendelijke oevers	3	7	1	8
Afvoeren	Open water	2	5	1	5
	Natuurvriendelijke oevers	3	7	1	7

6.3.2 Aanpassingen riolering in bebouwd gebied

Hierna wordt ingegaan op de te verwachten toekomstige aanpassingen aan riolering. Dit geldt uiteraard alleen voor bebouwd gebied (gesplitst in bestaande en nieuwe bebouwing). Uitgegaan is van 100% verbeterd gescheiden stelsel en 50% afkoppeling. De benodigde mm berging bebouwd gebied is gebaseerd op de resultaten van het hydrologisch model bebouwd gebied zoals weergegeven in paragraaf 5.2, tabel 5.6 (situatie 2050B) indien er geen extra afvoer zal plaatsvinden en tabel 5.7 (situatie 2050B) indien de afvoercapaciteit met 1,5 mm/dag wordt vergroot tot 13,5 mm/dag. In het laatste geval is er bij de oppervlakte benodigde ruimte bij bestaande bebouwing (tabel 6.13) iets meer oppervlakte opgenomen omdat er ook rekening gehouden is met de benodigde ruimte voor extra afvoercapaciteit.

Tabel 6.13: Maatregelen met ruimte en kosten voor bestaand bebouwd gebied bij een norm van 1/100.

Bebouwd gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 100		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	12	0	192	29	36
	Natuurvriendelijke oevers			288	42	52
Bergen en afvoeren	Open water	9	1,5	152	25	33
	Natuurvriendelijke oevers			227	35	46
Afvoeren	Open water	6,9 ¹⁾	2,5	123	22	31
	Natuurvriendelijke oevers			184	30	41

¹⁾ Als gevolg van de maximale extra afvoercapaciteit naar landelijk gebied van 2,5 mm/dag kan niet bereikt worden dat geen extra berging meer nodig is.

Tabel 6.14: Opbouw kosten bestaand bebouwd gebied.

Bebouwd gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 100		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	7	14	4	18
	Natuurvriendelijke oevers	11	21	4	27

Bergen en afvoeren	Open water	7	15	4	14
	Natuurvriendelijke oevers	10	21	4	21
Afvoeren	Open water	7	16	3	12
	Natuurvriendelijke oevers	9	20	3	18

Tabel 6.15: Maatregelen met ruimte en kosten voor nieuw bebouwd gebied bij een norm van 1/100.

Bebouwd gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 100		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	23,5	0	94	14	18
	Natuurvriendelijke oevers			140	20	26
Bergen en afvoeren	Open water	20,5	1,5	82	13	17
	Natuurvriendelijke oevers			122	18	23
Afvoeren	Open water	18,4 ¹⁾	2,5	73	12	16
	Natuurvriendelijke oevers			110	17	22

¹⁾ Als gevolg van de maximale extra afvoercapaciteit naar landelijk gebied van 2,5 mm/dag kan niet bereikt worden dat geen extra berging meer nodig is.

Tabel 6.16: Opbouw kosten nieuw bebouwd gebied.

Bebouwd gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 100		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	3	7	2	9
	Natuurvriendelijke oevers	5	11	2	13
Bergen en afvoeren	Open water	3	7	2	8
	Natuurvriendelijke oevers	5	10	2	11
Afvoeren	Open water	3	7	2	7
	Natuurvriendelijke oevers	5	10	2	10

6.3.3 Intensivering drainage

Om de wateroverlast door te hoge grondwaterstanden te verminderen kan de drainage geïntensiveerd worden. Dit brengt wel een grotere/snellere afvoer naar het oppervlaktewater met zich mee met een toenemende kans op inundatie. De extra maatregelen die genomen moeten worden om te voldoen aan de normen voor de wateroverlast door overstroming staan in de onderstaande tabellen. Voor het landelijk gebied is uitgegaan van een verdubbeling van de drainagecapaciteit in heel Zeeland. Zoals uit de tabel voor het landelijk gebied blijkt is er bij een extra afvoercapaciteit geen extra berging meer nodig. Daarom is hier de variant bergen en afvoeren niet opgenomen.

Tabel 6.17: Maatregelen met kosten en ruimte voor het landelijk gebied bij een norm van 1/25.

Landelijk gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 25		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	6,3	0	1092	93	133
	Natuurvriendelijke oevers			1638	127	188
	Gecontroleerde inundatie			159	49	114
Afvoeren		0	1,5	75	24	52

Tabel 6.18: Opbouw kosten voor landelijk gebied.

Landelijk gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 25		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	41	81	24	28
	Natuurvriendelijke oevers	61	122	23	43
	Gecontroleerde inundatie	49	94	16	4
Afvoeren		16	44	6	2

Voor het bebouwd gebied is aangenomen dat de oppervlakte met drainage verdubbelt ten opzichte van de huidige situatie. Ook hier is de variant Bergen en afvoeren bij bestaande bebouwing niet opgenomen omdat een geringe vergroting van de afvoercapaciteit voldoende is om de intensivering van drainage op te vangen.

De benodigde mm berging bebouwd gebied is gebaseerd op de resultaten van het hydrologisch model bebouwd gebied zoals weergegeven in paragraaf 5.2, tabel 5.6 (situatie 2050C) indien er geen extra afvoer zal plaatsvinden en op tabel 5.6 en 5.7 (situatie 2050C) indien de afvoercapaciteit wordt vergroot. In het laatste geval is er bij de oppervlakte benodigde ruimte bijbestaande bebouwing (tabel 6.19) iets meer oppervlakte opgenomen omdat er ook rekening gehouden is met de benodigde ruimte voor extra afvoercapaciteit. Bij nieuwe bebouwing (tabel 6.21) is er van uitgegaan dat er nu geen berging is en dat de benodigde berging volledig gerealiseerd moet worden.

Tabel 6.19: Maatregelen met ruimte en kosten voor bestaand bebouwd gebied bij een norm van 1/100.

Bebouwd gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 100		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	1,1	0	18	3	3
	Natuurvriendelijke oevers			26	4	5
Afvoeren		0	0,8	4	2	3

Tabel 6.20: Opbouw kosten bestaand bebouwd gebied.

Bebouwd gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 100		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	1	1	0	2
	Natuurvriendelijke oevers	1	2	0	3
Afvoeren		1	2	0	1

Tabel 6.21: Maatregelen met ruimte en kosten voor nieuw bebouwd gebied bij een norm van 1/100.

Bebouwd gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 100		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	12,6	0	50	8	9
	Natuurvriendelijke oevers			75	11	14
Afvoeren		11,5	0,8	46	7	9

Tabel 6.22: Opbouw kosten nieuw bebouwd gebied.

Bebouwd gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 100		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	2	3	1	5
	Natuurvriendelijke oevers	3	6	1	7
Afvoeren		2	4	1	4

6.3.4 Verhoging grondwaterstand in deelgebied Laag

Om verzilting en bodemdaling te beperken kan er voor gekozen worden om de grondwaterstand te verhogen. Omdat beide problemen vooral in deelgebied 'Laag' spelen is een scenario doorgerekend met een verhoging van de grondwaterstand in deelgebied laag (31.200 ha) van 20 cm. In de praktijk moet dat gerealiseerd worden door de drainage 20 cm hoger te leggen. Omdat daardoor de wateroverlast door hoge grondwaterstanden toeneemt is in het scenario de verhoging van de drainage gecombineerd met een intensivering, zodanig dat de schade door te hoge grondwaterstanden gelijk blijft.

Tabel 6.23: Maatregelen met kosten en ruimte voor het landelijk gebied bij een norm van 1/25.

Landelijk gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 25		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	

Bergen	Open water	0,5	0	78	7	10
	Natuurvriendelijke oevers			117	9	13
	Gecontroleerde inundatie			42	6	9
Afvoeren		0	0,5	25	8	17

Tabel 6.24: Opbouw kosten voor landelijk gebied.

Landelijk gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 25		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	3	6	2	2
	Natuurvriendelijke oevers	4	8	2	3
	Gecontroleerde inundatie	4	7	1	1
Afvoeren		5	14	2	1

6.3.5 Verhoging grondwaterstand in deelgebied Middelhoog en Hoog

Om het probleem van het tekort aan zoet water voor de landbouw te beperken kan er voor gekozen worden om de grondwaterstand te verhogen. Het doel is enerzijds de behoefte te verminderen en anderzijds de ontwikkeling van zoet grondwatersystemen te stimuleren. Omdat dit vooral in de hogere gebieden speelt, is een scenario doorerekend met een verhoging van de grondwaterstand in de deelgebieden 'Middelhoog' en 'Hoog' van 20 cm (oppervlakte 'middelhoog' 39.000 ha en 'hoog' 17.160 ha). Door die maatregel wordt de bergingsruimte in de bodem minder. Uitgerekend is welke extra maatregelen mogelijk zijn om dat te compenseren.

Tabel 6.25: Maatregelen met kosten en ruimte voor het landelijk gebied bij een norm van 1/25.

Landelijk gebied		Extra	Extra	Ruimte	Kosten	
Norm 1 / 25		berging	afvoer		min	max
Variant		mm	mm/dag	ha	miljoen €	
Bergen	Open water	1,8	0	312	26	38
	Natuurvriendelijke oevers			468	36	54
	Gecontroleerde inundatie			85	21	34
Afvoeren		0	1,5	75	24	52

Tabel 6.26: Opbouw kosten voor landelijk gebied.

Landelijk gebied		Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1 / 25		min	max	beheer	grond
Variant		miljoen €			
Bergen	Open water	11	23	7	8
	Natuurvriendelijke oevers	17	35	7	12
	Gecontroleerde inundatie	14	27	5	2
Afvoeren		16	44	6	2

6.4 Effecten van maatregelen op landbouwschade

In het schademodel wordt de schade door extreme neerslag benaderd met behulp van de SKOW-methode (Som van de geKwadrateerde OverschrijdingsWaarden van de kritische grondwaterstand). Uitgangspunt van deze methode is dat schade aan gewassen ontstaat zodra de grondwaterstand de onderkant van de wortelzone overschrijdt. De schade neemt toe naarmate de grondwaterstand verder en langer boven deze grens uitkomt.

Aangezien het grondwaterstandsverloop met SIWOP berekend wordt, is het mogelijk om voor verschillende situaties de SKOW-waarden te bepalen. Vervolgens wordt gekeken welke gewassen (of groepen) in het gebied voorkomen en wordt de schade vastgesteld afhankelijk van de maand waarin de extreme neerslag zich voordoet. Op basis van de vastgestelde SKOW-waarden geeft het gewasschademodel een benadering van de optredende schade.

Tevens is aangegeven welk rendement die schadevermindering oplevert, uitgaande van de kosten die de maatregelen met zich meebrengen. Daarbij moet opgemerkt worden dat vermindering van de

schade door te hoge grondwaterstanden in heel wat gevallen niet het primaire doel is van de betreffende maatregelen. Het is slechts een neveneffect. Een slecht rendement wil in die gevallen dan ook niet zeggen dat de maatregelen niet zinvol zijn. Voor de rendementsberekeningen is uitgegaan van een rekenperiode van 50 jaar en een oppervlakte landelijk gebied van 156.000 ha. Als de investeringen zich binnen 50 jaar terugbetalen is sprake van een positief rendement.

In bijlage 7 is een uitgebreide beschrijving gegeven van de uitgangspunten en de werking van het schademodel.

In dit hoofdstuk worden de effecten van verschillende maatregelen weergegeven

6.4.1 Maatregelen om wateroverlast door overstroming te verminderen

De maatregel waarvan hier de effecten worden weergegeven komen uit de scenario's zoals weergegeven in de vorige paragraaf.

Als voorbeeld worden hier de effecten weergegeven voor een scenario waarbij in 2050 (incl. klimaatverandering) geen inundatie op zal treden bij een neerslag intensiteit van 1 x per 25 jaar door drie mogelijke ingrepen:

1. meer bergen in open water
2. meer bergen in openwater in combinatie met meer afvoeren (deze variant wordt getalsmatig nader uitgewerkt in de voorbeeld berekening in bijlage 7)
3. meer afvoeren.

Tabel 6.27: Effect op schade door te hoge grondwaterstanden

Maatregelen	Extra		Schade		Investering	Rendement
	berging	afvoer	t.o.v. referentie		gemiddeld	gemiddeld
	mm	mm/dag	€/ha	%	€/ha	%
Bergen in open water	2,7	0	-5	-1 %	311	Negatief
Bergen in open water en afvoeren	1,4	1,5	-16	-2 %	401	3,1
Afvoeren	0	2,5	-21	-3 %	410	4,5

Uit de rekenresultaten blijkt dat het voorkomen van inundatie in alle gevallen leidt tot een vermindering van de landbouwschade. Hoewel realisatie van extra afvoercapaciteit duurder is dan realisatie van extra berging, blijkt het rendement hiervan voor beperking van de landbouwkundige schade hoger te zijn.

6.4.2 Maatregelen om wateroverlast door te hoge grondwaterstanden te verminderen

Het gaat hier om maatregel die specifiek gericht zijn op het voorkomen van te hoge grondwaterstanden. Achtereenvolgens zal worden ingegaan op een specifiek ruimtelijke inrichting en op intensivering van drainage.

Specifiek ruimtelijke inrichting

Onder specifiek ruimtelijke inrichting wordt verstaan het telen van gewassen in gebieden de daar vanuit "water" gezien het meest geschikt voor zijn.

Ten behoeve van de berekeningen is er uitgegaan van een bepaalde verdeling van de gewassen over de verschillende deelgebieden, de zogenaamde referentiesituatie (situatie 2050). De voor de referentiesituatie aangehouden gewasverdeling gaat uit van een autonome ontwikkeling naar een groter aandeel kapitaalsintensieve gewassen waarbij beperkt gestuurd is op de gewenste ruimtelijke verdeling. Dit levert het volgende beeld:

Tabel 6.28: Referentie gewasverdeling totaal en per deelgebied (2050)

Referentie		L	ML	MH	H
	100%	20%	44%	25%	11%
gewas groep	Opp % totaal	Opp. %	Opp. %	Opp. %	Opp. %
Gras	25%	65%	22%	8%	5%
Tuinbouw	10%	2%	6%	19%	20%
Fruit	3%	1%	2%	5%	6%

wintertarwe	13%	7%	14%	15%	15%
Zomergerst	12%	7%	13%	13%	14%
Aardappelen	18%	7%	21%	20%	21%
Bieten	12%	7%	14%	12%	13%
Overig	7%	4%	8%	8%	6%
Som	100%	100%	100%	100%	100%

Door extensieve teelten in laag en intensieve teelten in hoog te concentreren, mag verwacht worden dat de totale vernattingsschade geminimaliseerd wordt. De zwaartepunten zijn hierbij als volgt gelegd: gras in LA, tarwe in ML, aardappelen/bieten in MH en tuinbouw/fruit in HO. Dit heeft geleid tot de volgende aanpassing in de verdeling van de teelten over de deelgebieden.

Tabel 6.29: Optimale gewasverdeling totaal en per deelgebied

Optimalisatie		L	ML	MH	H
	100%	20%	44%	25%	11%
gewas groep	Opp % totaal	Opp. %	Opp. %	Opp. %	Opp. %
Gras	25%	100%	11%	0%	0%
Tuinbouw	10%	0%	0%	3%	80%
Fruit	3%	0%	0%	2%	20%
wintertarwe	13%	0%	30%	0%	0%
Zomergerst	12%	0%	28%	0%	0%
Aardappelen	18%	0%	10%	55%	0%
Bieten	12%	0%	10%	32%	0%
Overig	7%	0%	11%	8%	0%
Som	100%	100%	100%	100%	100%

Met het model voor landbouw schade is nu bepaald welke schade veranderingen er zijn te verwachten bij een optimale gewasverdeling. Dit is weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 6.30: Schadeverandering door optimalisatie gewas verdeling.

Deelgebied	Schade in:	Verschil Ref-Opt
Laag	%	-6,7
	€/ha	-372
Middellaag	%	+0,3
	€/ha	-358
Middelhoog	%	+1,9
	€/ha	-281
Hoog	%	+3,3
	€/ha	+925
Totaal	%	-0,4
	€/ha	-200

Uit de tabel blijkt dat er voor de afzonderlijke deelgebieden een wisselend beeld ontstaat in de procentuele en financiële verandering in berekende schade. Dit hangt samen met de verschillen bewortelingsdiepte en opbrengst per gewas.

Opgemerkt moet worden dat de optimalisatie van de gewasverdeling die hier gehanteerd is, in de praktijk (alleen al door de vereiste vruchtwisseling) niet te realiseren zal zijn. De gegeven afname van schade is dus het maximaal haalbare.

Intensivering drainage

Er is vanuit gegaan dat nu alle percelen gedraineerd zijn en dat er een verdubbeling van de huidige drainagecapaciteit zal worden doorgevoerd (capaciteit naar maximaal 28 mm/etm.). De kosten hiervoor zijn geraamd op € 1.000,-/ha. Omdat uitgegaan wordt van een levensduur van 20 jaar is gerekend met herdrainage op t = 20 jaar en t = 40 jaar. Omdat intensievere drainage ook tot grotere

afvoerpieken leidt, is tevens de benodigde extra bergings- of afvoercapaciteit ter voorkoming van inundatie (norm 1/25 jaar) in de kosten meegenomen.

Resultaten

In onderstaande tabel zijn de resultaten van maatregelen om wateroverlast, **door te hoge grondwaterstanden** in het landelijk gebied te verminderen, weergegeven.

Tabel 6.31: Effect op schade door te hoge grondwaterstanden

Maatregelen	Extra		Schade		Investering	Rendement
	berging	afvoer	t.o.v. referentie		gemiddeld	gemiddeld
	mm	mm/dag	€/ha	%	€/ha	%
Specifieke ruimtelijke inrichting	0	0	-200	-30 %	Onbekend	Onbekend
Verdubbeling drainage + bergen ¹	6,3	0	-499	-74 %	3.720	9,0
Verdubbeling drainage + afvoeren ¹	0	1,5	-518	-77 %	3.240	10,0

¹) Extra berging in open water of afvoercapaciteit om de gevolgen van de verdubbeling van de drainage op het overstromingsrisico weg te nemen (norm 1/25 jaar).

Het eerste dat opvalt bij vergelijking van de maatregelen ter voorkoming inundatie en die ter beperking van te hoge grondwaterstanden is het enorme verschil in effect op de optredende schade en het rendement van de te plegen investeringen.

Op grond van het huidige rekenmodel kan geconcludeerd worden dat maatregelen ter beperking van schade door te hoge grondwaterstanden veel effectiever zijn dan die ter voorkoming van inundatie.

Met name het positieve effect van verdubbeling drainage is hoog. In de praktijk kan het voorkomen dat de peilen bij extreme neerslag in hogere gebieden toch hoger zijn dan in de modelberekeningen. Dit omdat de vertragende factor vanwege de afstand die het water moet afleggen naar het lage gebied er in de modelberekeningen onvoldoende inzit. Het uiteindelijke positieve effect zoals weergegeven in bovenstaande tabel is daarom waarschijnlijk enigszins overtrokken

7 Resultaten opgenomen in Deelstroomgebiedsvisie

Op grond van onder andere de uitkomsten uit de scenario berekeningen zijn er door de Projectgroep WB21 in Zeeland keuzes gemaakt en conclusies getrokken. Deze zijn verwoord in de deelstroomgebiedsvisie Zeeland.

Er is in Zeeland gekozen voor een combinatie van meer berging en een beetje extra afvoeren. Uit oogpunt van het principe van 'niet afwentelen' is er geen reden om het afvoeren te beperken. Er zijn echter wel anderen redenen. Bij een geringe toename van de afvoercapaciteit blijven de kosten beperkt, omdat het in veel gevallen door een relatief beperkte aanpassing kan worden bereikt. Bij een forse toename echter moeten veel kunstwerken worden vervangen, wat tot veel hogere kosten leidt. Een ander nadeel is dat een gemaal en kunstwerken onderhevig kunnen zijn aan storingen, waardoor het op een moment dat het nodig is niet of onvoldoende werkt. Verder biedt extra berging mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik, wat ook financieel aantrekkelijk kan zijn. En tenslotte heeft meer berging een positief effect op de waterkwaliteit.

Voor de bepaling van de noodzakelijk ruimte voor berging wordt uitgegaan van een uitbreiding van de afvoercapaciteit met gemiddeld ongeveer 15%. Om vervolgens te voldoen aan het criterium van niet overstroomd bij 1/25 jaar, is uitgerekend wat de noodzakelijke berging is. Dat is opgesplitst in de berging die nodig is in verband met de klimaatontwikkeling en de berging die nodig is in verband met de intensivering van de drainage. Aangenomen is dat de drainageafvoercapaciteit in het landelijk gebied de komende 50 jaar met 25% toeneemt. Voor het bebouwd gebied wordt aangenomen dat de oppervlakte met drainage toeneemt van 5% nu tot 10% in 2050.

Extra berging creëren kan op drie manieren, ten eerste in de vorm van meer open water, ten tweede door de aanleg van natuurvriendelijke oevers en ten derde door gecontroleerde inundatie van daarvoor aangewezen gebieden. Deze vormen van berging hebben alle drie specifieke voor- en nadelen.

Het is op dit moment niet mogelijk precies aan te geven welke vorm van berging waar het beste is. Dat hangt helemaal van de plaatselijke omstandigheden af. Vooral voor gecontroleerde inundatie moet het gebied specifiek geschikt zijn. Om nu toch een schatting te kunnen maken van de noodzakelijke ruimte voor berging en de daarmee gemoeid zijnde kosten wordt voor berging in het landelijk gebied uitgegaan van 45% in de vorm van open water, 45% in de vorm van natuurvriendelijke oevers en 10% in de vorm van gecontroleerde inundatie.

In de onderstaande tabel is samengevat hoe groot die ruimte en kosten zijn, uitgesplitst naar de verschillende redenen voor het nemen van maatregelen.

Tabel 7.1: Ruimte en kosten van maatregelen in het landelijk gebied.

Landelijk gebied	Extra berging	Extra afvoer	Ruimte				Kosten	
Norm 1/25			open water	natuurvriendelijke oevers	gecontr. inundatie	totaal	min	max
Oorzaak	mm	mm/dag	ha				miljoen €	
Klimaatontwikkeling	1,4	1,5	140	210	10	360	48	87
Intensivering drainage	1,6	0	120	180	10	310	26	38
Totaal	3,0	1,5	260	390	20	670	74	125

De bovenstaande kosten, uitgedrukt in de Contante Waarde, kunnen gesplitst worden in investeringskosten, kosten van beheer en onderhoud en grondverwervingskosten. Het resultaat staat in de onderstaande tabellen.

Tabel 7.2: Gespecificeerde kosten voor bergingsvarianten in landelijk gebied.

Landelijk gebied	Inrichtingskosten		Kosten beheer	Kosten grond
Norm 1/25	min	max		
Oorzaak	miljoen €			
Klimaatontwikkeling	27	66	13	8
Intensivering drainage	12	24	6	8
Totaal	39	90	19	16

De totale ruimte van 670 ha die nodig is in het landelijk gebied is in verhouding tot de oppervlakte verdeeld over de onderscheiden afvoergebieden en weergegeven op een kaart die in de deelstroomgebiedsvisie is opgenomen. De oppervlakte per afvoergebied moet gezien worden als een gemiddelde indicatie. In verschillende gebieden kunnen grote verschillen zitten tussen het percentage openwater in de huidige situatie. Ook eventuele noodzakelijke maatregelen zullen daardoor grote verschillen te zijn geven.

Voor bebouwd gebied geldt in grote lijnen hetzelfde als voor het landelijk gebied. De extra afvoercapaciteit, waar bij het landelijk gebied vanuit wordt gegaan, geldt ook voor bebouwd gebied. Alles wat niet afgevoerd wordt moet opgevangen worden door extra berging.

Van de bergingsvarianten zijn alleen berging in open water en berging door middel van natuurvriendelijke oevers van toepassing. Gecontroleerde inundatie van bebouwd gebied is geen reële optie. Voor het bebouwd gebied wordt uitgegaan van 60% in de vorm van open water en 40% in de vorm van natuurvriendelijke oevers.

Behalve dat er extra berging nodig is om de gevolgen van de klimaatontwikkeling op te vangen is er ook extra berging nodig om de gevolgen van de verbeteringen in de riolering en de aanleg van extra drainage te kunnen verwerken. De extra afvoercapaciteit van 1,5 mm/dag is nu 'toegewezen' aan de verbetering van de riolering. Dat is gedaan omdat het waterschap, als verantwoordelijke organisatie voor die extra afvoercapaciteit, ook baat heeft bij de verbetering van de riolering. Kosten en baten worden op die manier aan elkaar gekoppeld, maar het kan natuurlijk ook anders.

In de berekeningen is een verschil gemaakt tussen nieuw- en bestaand bebouwd gebied. Dit verschil komt met name doordat ervan uitgegaan wordt dat in al bestaand bebouwd gebied al berging aanwezig is, en dat in nieuw te bouwen bebouwd gebied alle berging nog aangelegd moet worden. De noodzakelijke ruimte en de bijbehorende kosten zijn samengevat in onderstaande tabellen.

Tabel 7.3: Ruimte en kosten van maatregelen in het bestaand bebouwd gebied.

Bebouwd gebied	Extra	Extra	Ruimte			Kosten	
Norm 1/100	berging	afvoer	open water	natuurvr. oevers	totaal	min	max
Oorzaak	mm	mm/dag	ha			miljoen €	
Klimaatontwikkeling	5,0	0	50	50	100	14	18
Extra drainage	1,1	0	10	10	20	3	4
Verbetering riolering	9	1,5	90	90	180	29	38
Totaal	15,1	1,5	150	150	300	46	60

Tabel 7.4: Gespecificeerde kosten voor bergingsvarianten in bestaand bebouwd gebied.

Bebouwd gebied	Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
Norm 1/100	min	max	beheer	grond
Oorzaak	miljoen €			
Klimaatontwikkeling	3	7	2	9
Extra drainage	1	1	1	2
Verbetering riolering	8	17	4	17
Totaal	12	25	7	28

Tabel 7.5: Ruimte en kosten van maatregelen in het nieuw bebouwd gebied.

Bebouwd gebied	Extra	Extra	Ruimte			Kosten	
Norm 1/100	berging	afvoer	open water	natuurvr. oevers	totaal	min	max
Oorzaak	mm	mm/dag	ha			miljoen €	
Klimaatontwikkeling	16,5	0	40	40	80	12	15
Extra drainage	12,6	0	30	30	60	9	11
Verbetering riolering	20,5	1,5	50	50	100	15	19
Totaal	15,5	1,5	120	120	240	36	45

Tabel 7.6: Gespecificeerde kosten voor bergingsvarianten in nieuw bebouwd gebied.

Bebouwd gebied	Inrichtingskosten		Kosten	Kosten
	min	max	beheer	grond
Oorzaak	miljoen €			
Klimaatontwikkeling	3	6	1	8
Extra drainage	2	4	1	6
Verbetering riolering	4	8	2	9
Totaal	9	18	4	23

De totale noodzakelijke ruimte verdeeld over de verschillende gemeenten in verhouding tot de oppervlakte bebouwd gebied en weergegeven op een in de deelstroomgebiedsvisie opgenomen kaart. Verschillen in de bestaande ruimte voor berging zijn daarin niet verrekend.

8 Leerpunten/wetenswaardigheden

Tijdens de periode van uitvoering berekeningen, discussies, afwegingen etc. zijn er verschillende keren onverwachte en interessante uitkomsten naar voren gekomen die wij in dit rapport willen vastleggen. De uitkomsten, conclusies, vraagpunten etc. heeft in verschillende gevallen geen uitwerking gekregen in de deelstroomgebiedsvisie. Dit vanwege te weinig relevantie, onvoldoende onderbouwing, onvoldoende uitgewerkt, nog nader onderzoek nodig etc.

Achtereenvolgens komen een aantal onderwerpen aan de orde.

8.1 Effect drainage op berekende inundatie

Bij de beoordeling van de effecten van intensivering van drainage viel op dat de berekende inundatie in eerste instantie minder ernstig leek te worden. Getracht is om hiervoor een verklaring te vinden. Hoewel er meer water via drainage tot afvoer komt, blijkt de berekende maximale inundatiewaarde bij vergroting van de max. drainagecapaciteit van 14 tot 16 of 18mm/d lager te zijn (zie tabel). De duur van de overlast neemt overigens wel toe bij intensievere drainage.

De verklaring hiervoor moet gezocht worden in het feit dat de berging in de bodem en aan maaiveld bij een beperktere drainage eerder gevuld zullen zijn, waardoor een korte hevige afvoerpiek optreedt ten gevolge van oppervlakkige afstroming (directe afvoer naar de sloot). Deze korte afvoerpiek blijkt van grote invloed te zijn op de berekende maximale inundatie.

Uit vergelijking van de rekenresultaten blijkt de opbouw van de afvoergolf geleidelijker plaats te vinden naarmate de drainage geïntensiveerd wordt. De maximaal berekende inundatie treedt daarbij later in de tijd op.

Tabel 8.1: Overzicht berekende mate (mm) en duur (dagen) van inundatie

	RBS2050 (14mm/d)		16mm/d		18mm/d		20mm/d		24mm/d		28mm/d	
	Mm	dgn	Mm	dgn	Mm	dgn	Mm	dgn	Mm	dgn	Mm	dgn
1/1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	2.3	15.8	3.1
1/25	9.0	1.3	6.8	2.2	7.5	2.8	12.3	3.3	26.4	4.0	38.1	4.4
1/50	43.3	4.9	42.2	5.3	45.3	5.6	50.5	5.8	63.5	6.2	74.5	6.3
1/100	92.6	7.3	93.0	7.4	96.9	7.5	102.6	7.8	114.1	7.8	125.5	8.0

Verder zou volgens de rekenresultaten inundatie bij verdubbeling van de drainage tot max. 28mm/d met een extra gemaalcapaciteit van 6mm/d voorkomen kunnen worden, terwijl hiervoor in de referentiesituatie 9mm/d extra nodig zou zijn.

Zeker gezien het feit dat het voorkomen van inundatie via extra berging bij verdubbeling van de drainage wel meer ruimte vraagt (9 tegen 5,5%) lijkt dit een heel onlogische uitkomst.

Een goede verklaring hiervoor is op dit moment nog niet gevonden en verder uitzoeken hiervan kost nu teveel tijd.

Gevoelsmatig kan de verklaring gezocht worden in de geleidelijker opbouw van de afvoergolf, waardoor extra gemaalcapaciteit effectiever zal zijn. Voor extra berging gaat dit niet op omdat het betreffende grotere inundatievolume toch geborgen moet kunnen worden.

8.2 Schade afname bij verdubbeling gemaal capaciteit en verdubbeling drainage.

Wateroverlast door hoge grondwaterstanden wordt veroorzaakt door de neerslag die ter plaatse op de bodem valt en infiltreert en dus niet door overstroming. Bij hogere neerslag dan de drainagecapaciteit zal de grondwaterstand snel stijgen. De afvoer via de drainage kan de aanvoer via de neerslag dan niet bijhouden. Dat is uiteraard nog sterker op gronden waar geen drainage aanwezig is. Als het oppervlaktewaterpeil boven het drainageniveau stijgt zal dat de drainageafvoer remmen. In situaties dat de neerslag groter is dan de drainagecapaciteit is dat naar verwachting niet maatgevend omdat de toevoer van infiltrerende neerslag naar het grondwater veel groter is dan de afvoer via de drainage, geremd of niet geremd

Na de extreme neerslag moet de drainageafvoer er voor zorgen dat de grondwaterstand weer op het gewenste niveau komt. In die situatie is de invloed van het oppervlaktewaterpeil van belang. Als het oppervlaktewaterpeil te hoog blijft, zal de drainage niet optimaal werken en blijft de grondwaterstand dus langer op een te hoog niveau.

Samenvattend komt het er op neer dat, bij extreme neerslag en gelijk blijvende drainagecapaciteit, een te hoge grondwaterstand nauwelijks te voorkomen is, maar dat de duur van die te hoge grondwaterstand wel beïnvloed kan worden.

De oplossing om in het landelijk gebied schade voor de landbouw door te hoge grondwaterstanden te voorkomen of te verminderen is een goed afgestemde combinatie van drainage en bergings/afvoercapaciteit van het oppervlaktewater. Het uitsluitend verhogen van bijvoorbeeld de afvoercapaciteit heeft slechts een beperkte invloed. Dat is goed te zien aan de berekeningsresultaten in tabel 8.2. Er is alleen sprake van een duidelijke schadevermindering in deelgebied laag, omdat daar de kans op het onder water staan van de drainage het grootst is. De beperking van de drainageafvoer kan dus worden weggenomen door een hogere afvoercapaciteit. In de hogere delen speelt dat niet of nauwelijks.

Een verhoging van de drainagecapaciteit heeft juist een grote invloed in de hogere gebieden. In het deelgebied laag is de invloed daarvan nog beperkt, omdat de drainageafvoer daar sterk geremd wordt door een hoog oppervlaktewaterpeil.

Een combinatie van meer drainage en meer afvoercapaciteit levert het beste resultaat voor het gehele gebied.

Tabel 8.2. De schade voor de landbouw als gevolg van hoge grondwaterstanden bij verschillende maatregelen en in de referentiesituatie (2050 zonder speciale maatregelen).

Jaarlijkse schade [€/ha]	Referentie	Maatregelen	
		Verdubbeling gemaalcapaciteit	Verdubbeling drainage
Deelgebied	2050		
Laag	460	360	390
Middellaag	690	680	170
Middelhoog	910	910	120
Hoog	430	430	50
Gemiddeld	670	640	190

8.3 Berging per afvoergebied

8.3.1 Landelijk gebied

Om een inschatting te kunnen geven van de benodigde berging per afvoergebied is een serie standaardberekeningen uitgevoerd voor vier categorieën afvoergebieden. De procentuele verdeling van de deelgebieden binnen de categorieën is als volgt samengesteld:

Tabel 8.3: Procentuele verdeling deelgebieden binnen categorie.

Categorie	HO	MH	ML	LA
Poel	5	10	35	50
Laag	5	20	50	25
Gemiddeld	10	25	45	20
Hoog	15	30	40	15

In de berekeningen is gewerkt met een vast percentage opp.water tot aan maaiveld van 3%. Het percentage opp.water 'op peil' wisselt per deelgebied: HO 0,80%, MH 1,25%, ML 1,70% en LA 2,15%. Vanwege de wisselende verdeling van de deelgebieden over de categorieën wisselt ook het percentage opp.water (zowel gemiddeld als 'op peil') per categorie. Om de vergelijking tussen de uitgevoerde berekeningen en de beschikbare informatie over de afvoergebieden zo goed mogelijk te kunnen maken, is daarom het gewogen gemiddelde van het percentage opp.water per categorie bepaald.

Tabel 8.4: Gewogen gemiddelde percentage openwater per categorie.

Categorie	% ow op peil	% ow gemiddeld	% ow aan mv
Poel	1.84	2.42	3.00
Laag	1.68	2.34	3.00
Gemiddeld	1.59	2.29	3.00
Hoog	1.50	2.25	3.00

Voor elk van de categorieën is voor vier verschillende afvoercapaciteiten (10,5, 11,5, 12,5, 13,5 en 14,5 mm/d) berekend wat de inundatie in gebied LA is en hoeveel extra berging (in % LA en % afvoergebied) nodig is om inundatie bij T=25 te voorkomen. Gerekend is in stappen van 0,25% voor gebied LA (wat m.n. voor cat. poel vrij grof is).

Tabel 8.5: Inundatie en benodigde berging bij T= 25 in gebied LA

Categorie	Afvoercap.	Inundatie (mm)	% van LA	% afv.gebied
Poel	10,5	3,6	0,50	0,250
	11,5	1,5	0,25	0,125
	12,5	0	-	-
	13,5	0	-	-
	14,5	0	-	-
Laag	10,5	12,7	2,00	0,50
	11,5	8,6	1,50	0,375
	12,5	6,0	1,00	0,250
	13,5	2,9	0,50	0,125
	14,5	0	-	-
Gemiddeld	10,5	15,8	2,50	0,500
	11,5	10,1	1,75	0,350
	12,5	7,4	1,25	0,250
	13,5	3,7	0,75	0,150
	14,5	0	-	-
Hoog	10,5	25,5	3,50	0,525
	11,5	12,5	2,25	0,3375
	12,5	9,8	1,50	0,225
	13,5	4,8	0,75	0,1125
	14,5	0,1	0,25	0,0375

Afgezien van de categorie 'Poel' blijkt het benodigde percentage extra berging vrijwel constant te zijn. Bij een gemaalcapaciteit van 14,5 mm/d zou geen extra berging nodig zijn. Elke mm/d die de gemaalcapaciteit lager ligt, vraagt 0,125% extra bergingsruimte.

Om te bepalen welke oppervlakte extra berging per afvoergebied nodig is, was het idee om op basis van:

- Inschatting categorie,
- Afvoercapaciteit en
- Percentage opp.water

de benodigde oppervlakte te schatten.

Vanwege de vele onzekerheden rond het percentage oppervlaktewater, het voor de wateropgave ondergeschikte belang van de toegekende categorie en het tijdsbeslag van deze benadering is uiteindelijk gekozen voor een sterk vereenvoudigde benadering.

Er is niet meer met verschillende categorieën en gedifferentieerde percentages oppervlaktewater gerekend.

Op basis van de aanwezige gemaalcapaciteit is bepaald welk percentage extra berging benodigd is. Als uitgangspunt hierbij is aangenomen dat:

- de gemaalcapaciteit, ongeacht de huidige capaciteit, met 1,5 mm/d uitgebreid wordt,
- de capaciteit van uitwateringssluizen, al dan niet met gemaal, nu 11 mm/d bedraagt (en uitgebreid wordt tot 12,5 mm/d),

- bij een capaciteit van 14,5 mm/d of meer geen extra berging nodig is
- elke mm/d dat de capaciteit minder dan 14,5 bedraagt om 0,125% extra berging vraagt.

Deze benadering leidt tot het op de volgende pagina (tabel 8.6) weergegeven beeld voor wat betreft de benodigde extra berging per afvoergebied.

Rekenvoorbeeld:

Gemaal capaciteit Schouwen is 12,4 mm/d + uitbreiding van 1,5 mm/d = 13,9 mm/d → dit is 0,6 mm/ per dag minder dan 14,5 mm/d.

$0,6 \text{ mm/d} \times 0,125 \% \text{ berging per mm} = 0,075 \%$

$0,075 \% \times 12124 \text{ ha} = 9,1 \text{ ha}$ benodigde extra openwater berging.

Voor de afzonderlijke waterschappen wordt de wateropgave voor het landelijk gebied zo bepaald op **123ha voor wts ZE** en **183ha voor wts ZVL**.

Te zijner tijd zou nog een correctie uitgevoerd kunnen worden op basis van de aanwezige oppervlaktewaterberging.

Opmerkingen:

- Bovenstaand is alleen de wateropgave tbv klimaatwijziging uitgewerkt. Gezien de vele onzekerheden is de uitwerking voor grondwaterstandsverhoging en intensivering drainage nog niet gemaakt.
- Met name op ZVI is in veel gevallen een waarde van 11 mm/d aangenomen, omdat de werkelijke capaciteit van de uitwateringssluizen met evt. gemalen niet bekend is.
- Gelet op het grote aantal kreken op ZVI en het niet in de berekening betrokken werkelijke percentage opp.water wordt de benodigde oppervlakte voor ZVI verhoudingsgewijs waarschijnlijk overschat. Daar staat tegenover dat bij extreme weersomstandigheden de capaciteit van de uitwateringssluizen vaak ook minder zal zijn.
- Vraag is nog in hoeverre rekening gehouden moet worden met het feit dat met name de berging in de lagere delen van belang is en dat de grotere oppervlakten open water met name in de lagere delen liggen → primaire waterlopen en kreken maatgevend voor percentage opp.water.
- Ook in de berekeningen wordt vrijwel alleen de ow-berging in LA en in mindere mate die in ML daadwerkelijk benut → percentage ow in deze deelgebieden zwaarder meetellen.

8.3.2 Stedelijk gebied

Voor bepaling van de benodigde extra berging voor stedelijk gebied per afwateringsgebied is de volgende benadering gevolgd:

- Voor alle afvoergebieden is bepaald welke opp stedelijk gebied hierbinnen ligt
- Stedelijk gebied is alles met die functie in het WHP (GIS-laag Arcview\cgl\whpii\Uni)
- De totale wateropgave voor stedelijk gebied bedraagt 300ha
- De stedelijke wateropgave per afvoergebied is bepaald door het aandeel stedelijk gebied te vermenigvuldigen met de totale wateropgave
- Met het aanwezige percentage opp.water binnen de kernen is geen rekening gehouden.

Rekenvoorbeeld:

Schouwen; oppervlakte stedelijk gebied is 1372 ha. 1372 ha op totale stedelijk gebied van 16805 ha = $0,0816 \times$ totale wateropgave van 300 ha = 24,5 ha benodigde extra openwater berging.

Voor de afzonderlijke waterschappen wordt de wateropgave voor het stedelijk gebied zo bepaald op **199ha voor wts ZE** en **101ha voor wts ZVL**.

Totale wateropgave:

Bovenstaande benaderingen leiden tot een totale wateropgave per waterschap van **323 ha voor wts ZE** en **284 ha voor wts ZVI**. (Zie tabel 8.6)

Tabel 8.6: Benodigde extraberging per afvoer gebied

Code	Afvoergebied	Water					Stad		
		Oppl.	Gem.cap. in mm/d	mm berging	Benodigde extra berging		Opp	ha Extra	
	Naam	ha	Huidig	Autonoom	te kort	in %	ha	ha	berging
wb01	Schouwen	12124	12,4	13,9	0,6	0,075	9,1	1372	24,5
wb02	't Sas	2288	16	16	0	0	0,0	117	2,1
wb03	Dreischor	1871	12,5	14	0,5	0,0625	1,2	54	1,0
wb04	Duiveland	5339	12,9	14,4	0,1	0,0125	0,7	413	7,4
wb05	De Luyster	1928	11,4	12,9	1,6	0,2	3,9	54	1,0
wb06	Zuidhoek	389	18,3	18,3	0	0	0,0	45	0,8
wb07	De Noord Hoog	3108	12,3	13,8	0,7	0,0875	2,7	152	2,7
wb08	Sluis Jacobapolder	644	8	9,5	5	0,625	4,0	72	1,3
wb09	De Valle (incl. inlagen)	2459	13,1	14,5	0	0	0,0	81	1,4
wb10	Jacoba (incl. inlagen)	422	14,2	14,5	0	0	0,0	36	0,6
wb11	Van Haaften	414	11,5	13	1,5	0,1875	0,8		0,0
wb12	Willem (incl. inlagen)	3132	11,3	12,8	1,7	0,2125	6,7	161	2,9
wb13	Schotsman	313					0,0	36	0,6
wb14	Oostwatering (incl. duinen)	3676	11,2	12,7	1,8	0,225	8,3	314	5,6
wb15	De Eendracht en Kadijk	4915	13,6	14,5	0	0	0,0	260	4,6
wb16	De Noord Laag	1623	12,5	14	0,5	0,0625	1,0	144	2,6
wb17	Adriaan	1172	11,1	12,6	1,9	0,2375	2,8	54	1,0
wb18	Boreel (incl. duinen)	10434	11,3	12,8	1,7	0,2125	22,2	1184	21,1
wb19	Goudplaat	275					0,0		0,0
wb20	Loohoek	1729	12,9	14,4	0,1	0,0125	0,2	126	2,2
wb21	Kleverskerke	1199	25	25	0	0	0,0	126	2,2
wb22	Wolphaartsdijk	1248	11,2	12,7	1,8	0,225	2,8	90	1,6
wb23	Wilhelmina (incl. inlaag)	1198	11,6	13,1	1,4	0,175	2,1	9	0,2
wb24	Muidenweg + E.P. + Bg Piet	346	12,3	13,8	0,7	0,0875	0,3		0,0
wb25	De Piet	3180	11,3	12,8	1,7	0,2125	6,8	90	1,6
wb26	Dekker (incl. Goese meer)	4864	10,2	11,7	2,8	0,35	17,0	1103	19,7
wb27	Calandpolder en Oranjeplaat	504	13,7	14,5	0	0	0,0		0,0
wb28	Maelstede en De Poel	6057	15,1	15,1	0	0	0,0	619	11,1
wb29	Yerseke Moer	1471	13,6	14,5	0	0	0,0	179	3,2
wb30	Zuidwatering en Haven Vlissingen	4890	10,4	11,9	2,6	0,325	15,9	1749	31,2
wb31	Quarles	821	12,3	13,8	0,7	0,0875	0,7	72	1,3
wb32	Slogebied	1438					0,0	1435	25,6
wb33	Van Borsele	3704	12	13,5	1	0,125	4,6	386	6,9
wb34	Glerum	1826	13,1	14,5	0	0	0,0	197	3,5
wb35	Groenewege	1009	12,8	14,3	0,2	0,025	0,3	45	0,8
wb36	Waarde	1853	13,7	14,5	0	0	0,0	144	2,6
wb37	Hellewoud, Baarland en Coudorpe	3576	16	16	0	0	0,0	144	2,6
wb38	Van der Graaff	472	11,1	12,6	1,9	0,2375	1,1	18	0,3
wb39	Hoogerwaard	226	12,8	14,3	0,2	0,025	0,1		0,0
wb40	Bath Oost	1205	11	12,5	2	0,25	3,0		0,0
wb41	Reigersbergsepolder	2136	11	12,5	2	0,25	5,3	72	1,3
wb42	Nieuwe Sluis	4541	11	12,5	2	0,25	11,4	440	7,9
wb43	Campen	9101	10,4	11,9	2,6	0,325	29,6	565	10,1
wb44	Othene	15229	11	12,5	2	0,25	38,1	1938	34,6
wb45	Paal	8663	11,4	12,9	1,6	0,2	17,3	637	11,4
wb46	Braakman	5492	11	12,5	2	0,25	13,7	628	11,2
wb47	Hertogin Hedwigepolder	295	11	12,5	2	0,25	0,7		0,0
wb48	Westelijke Rijkswaterleiding	1500	11	12,5	2	0,25	3,8	440	7,9
wb49	Prosperpolder	382	11	12,5	2	0,25	1,0		0,0
wb50	St. Pieterspolder e.o.	1394	11	12,5	2	0,25	3,5	18	0,3
wb51	St. Albertpolder	236	11	12,5	2	0,25	0,6		0,0
wb52	Cadzand	14087	11	12,5	2	0,25	35,2	673	12,0
wb53	Nummer Een	4059	10,8	12,3	2,2	0,275	11,2	152	2,7
wb54	Nol Zeven	6750	11	12,5	2	0,25	16,9	161	2,9
	Gemiddelde	3208							
Totaal							306,3	16805	300,0
Wts ZE							123,4		199,1
Wts ZVI							182,8		100,9

8.4 Kosten aanpassing riolering bebouwd gebied

Om enig zicht te krijgen op de kosten die gemoeid zijn met de aanpassing van rioleringsstelsels is onderstaand een aantal zaken op een rijtje gezet.

Huidige situatie (Bron: Stedelijk Waterbeheer Provincie Zeeland, TAUW, sept.1998):

Gemengd stelsel	91	%
Gescheiden stelsel	5	%
Verbeterd gescheiden stelsel	3	%
Afgekoppeld verhard opp.	1	%

Normen (Bron: Leidraad Riolering (B1100), Stichting Rioned, t/m aanvulling 24, juli 2002):

De normstelling die in Nederland aangehouden wordt, heeft met name betrekking op het vuilwaterstelsel. Voor het regenwaterstelsel zijn geen duidelijke normen in de Leidraad opgenomen. De vastgelegde normen zijn als volgt:

Gemengd stelsel:

7 mm berging + 0,7 mm/u pompovercapaciteit + 2 mm bergbezinkbassin

Verbeterd gescheiden stelsel:

4 mm berging + 0,3 mm/u pompovercapaciteit

Op het moment dat meer water aangevoerd wordt dan opgevangen en afgevoerd kan worden treedt de overstort (gemengd) of het regenwaterstelsel (VGS) in werking. Voor zover bekend zijn voor het regenwaterstelsel geen normen vastgesteld. Het lijkt echter reëel om ook voor het regenwaterstelsel een berging van 4mm aan te houden (Een rioollengte van 500m/ha en een leidingdiameter van 30cm levert 3,5mm berging en 35cm levert 4,8mm).

In geval van afkoppeling kan voor wadi's uitgegaan worden van een berging van 10 mm bovengronds (Leidraad B2100-47; 5% van de oppervlakte, waterstand 20cm) en, afhankelijk van de uitvoeringsvorm, nog eens ca. 10mm ondergronds in de infiltratiekoffer. Bij de aanleg van percolatievoorzieningen kan uitgegaan worden van een te realiseren berging van 20 mm (Leidraad, B2100-58). Voor wadi's en infiltratievoorzieningen zou ook de afvoer via infiltratie nog meegerekend moeten worden, maar deze wordt gezien de hydrologische omstandigheden in Zeeland veiligheidshalve op 0 gesteld.

Capaciteit (Bron: Leidraad Riolering (B1100), Stichting Rioned, t/m aanvulling 24, juli 2002):

Een standaard afvoercapaciteit voor de stelsels is niet zonder meer te geven. Vroeger werd gewerkt met een maatgevende neerslagintensiteit van 60 l/s/ha voor vlakke en 90 l/s/ha voor hellende gebieden (C2100-110) die door het stelsel verwerkt moet kunnen worden zonder dat sprake is van (teveel) water op straat. Tegenwoordig worden stelsels doorgerekend met standaardbuien met een herhalingsdij van 2 jaar (piek in bui van 110 l/s/ha). Geconstateerd is dat de Nederlandse normen minder ver gaan dan de Europese richtlijnen.

Geconcludeerd mag worden dat een continue afvoercapaciteit van 60 l/s/ha of 52 mm/d het minste is dat van een (regenwater)stelsel verwacht mag worden. Over het algemeen zal de capaciteit van systemen echter aanzienlijk hoger liggen. In de Leidraad (B2100-60) wordt 20-30mm/u genoemd voor regenwaterstelsels.

Overlast

De mate waarin wateroverlast optreedt, is afhankelijk van de afvoercapaciteit van het leidingstelsel. Deze capaciteit bepaalt ook waar de overlast optreedt: op straat of langs de sloot. Dit zou per situatie bekeken moeten worden.

Gelet op bovenstaande normstelling zouden problemen met water(overlast) op straat als gevolg van een beperkte afvoercapaciteit van het stelsel nauwelijks voor mogen komen. De maximale dagneerslag komt in de voor de DSGV aangehouden neerslagreeksen nl. uit op 51,2mm bij T=100 (middenscenario 2050).

Wateroverlast op straat zal met name spelen bij lokale hoosbuien waarbij veel neerslag in zeer korte tijd valt. Deze buien blijven in de WB21-benadering echter buiten beschouwing.

Eventuele overlast zal dus met name spelen in en om sloten en waterpartijen waarin de overstorten en het regenwaterstelsel hun water lozen.

Vraag daarbij is of we het principe van niet-afwentelen zodanig door willen voeren dat de maximale afvoer uit stedelijk gebied de afvoercapaciteit van het waterlopenstelsel van 10 mm/d niet mag overschrijden. In dat geval zou het meerdere in en om de stad geborgen moeten worden.

Aanlegkosten (Bron: Leidraad Riolering (B2100), Stichting Rioned, t/m aanvulling 24, juli 2002):

De in de Leidraad aangegeven kosten dateren uit 2000. In onderstaande tabel zijn de kosten omgerekend in euro's en is uitgegaan van een kostenstijging van 10% (delen door 2 dus). De kosten per m2 hebben betrekking op het verharde oppervlak. Voor de kosten per ha is uitgegaan van een verhouding van 40% verhard en 60% onverhard. Het betreft kosten voor nieuw aan te leggen systemen.

Tabel 8.7: Aanlegkosten riolering.

Type stelsel	Aanlegkosten per m2 (€)	Aanlegkosten per ha (€)	Onderhoudskosten per m2 (€)	Onderhoudskosten per ha (€)
Gescheiden	28	112.000		
- DWA (afvalwater)	17	68.000	0,065	260
- RWA (regenwater)	11	44.000		
Verbeterd gescheiden	33,50	134.000		
Infiltratie				
Wadi	8,25	33.000	0,125	500
Grindkoffer	4,00	16.000		
Infiltratiekrat	8,50	34.000		
Afkoppeling				
Afvoergoten	0,00	0,00		

Voor aanleg/renovatie in bestaande situaties moet uitgegaan worden van hogere kosten. Vooralsnog wordt hiervoor de factor 1,5 aangehouden (wie weet het beter?). De kosten die gemoeid zijn met het opruimen van het oude riool zijn niet bekend. Voor aanleg van afvoergoten kan in bestaande situaties uit worden gegaan van ??.

Uitgaande van een volledige vervanging van het bestaande gemengde stelsel door een verbeterd gescheiden stelsel waarbij afgekoppeld wordt waar dat mogelijk is (50%) komen de kosten per ha op $1,5 * 134.000 + 1,5 * 33.000$ (wadi) $* 0,5 = € 225.750,-$. Met een marge voor de opruimingskosten van het oude riool kan dan uitgegaan worden van **€ 250.000,-/ha**

De huidige oppervlakte bebouwd gebied bedraagt ca. 16.000 ha zodat aanpassing van de gemengde stelsels een kostenplaatje oplevert van $0,9$ (aandeel gemengd) $* 16.000 * 250.000 = € 3.600.000.000,-$ (3,6 miljard euro). Op jaarbasis gaat het dan om een investering van € 75.000.000,- (periode 48 jaar).

Deze kosten hebben alleen betrekking op de vervanging van gemengde rioleringsstelsels in de huidige oppervlakte bebouwd gebied. In de verwachte stedelijke uitbreidingen zal nog eens voor ca. € 150.000,- / ha (134.000 vgs + 16.000 afkoppel) geïnvesteerd moeten worden in het rioleringsstelsel: $4.000 * 150.000 = € 600.000.000,-$ (12,5 miljoen per jaar).

Hoewel het hier om een grove schatting gaat, is duidelijk dat het de moeite waard is om te kijken of er alternatieve oplossingen te bedenken zijn, waarmee vergelijkbare resultaten voor lagere kosten behaald kunnen worden.

Alternatief

Winst is met name te halen door afkoppeling van schoon verhard oppervlak bij gemengde riolering, waarbij de bestaande riolering in stand gehouden kan worden. De meer- of minderkosten hiervan zijn moeilijk te bepalen omdat veel factoren mede bepalend zijn: is wel aanpassing/renovatie van het riool nodig, kan bergbezinkbassin achterwege blijven, kan uitbreiding zuivering voorkomen worden of ontstaat juist overcapaciteit, zijn huisaansluitingen goed aan te passen, kan het water ergens heen, etc.

Afkoppeling zal deels via infiltratievoorzieningen en deels rechtstreeks op opp.water plaatsvinden. Gezien de bergingswinst en de voorzuivering die hiermee gerealiseerd kan worden, gaat de voorkeur uit naar infiltratievoorzieningen.

Bij een keuze voor deze variant zou dit, uitgaande van aanlegkosten van $1,5 * 33.000 \approx € 50.000,-/ha$ bestaand stedelijk gebied leiden tot een investering van:

$0,9$ (aandeel gemengd) $* 16.000$ (opp. stedelijk gebied) $* 50.000 = € 720.000.000,-$

Voor nieuw stedelijk gebied gelden verder de eerder genoemde investeringskosten.

Discussie:

De in bovenstaande benadering gegeven bedragen zijn niet zonder meer vergelijkbaar. Vragen als welke bedragen moeten waaraan toegerekend worden en welk deel van de kosten is een gevolg van nieuw beleid moeten bv. eerst beantwoord worden.

De benodigde investeringen kunnen beter onderbouwd worden door na te gaan hoeveel berging gerealiseerd moet worden om de afvoer uit het stedelijk gebied binnen de gestelde normen te kunnen reguleren. Vervolgens kan bekeken worden welk deel via infiltratievoorzieningen en welk deel via open water gerealiseerd wordt.

Wat is de meerwaarde van aanleg van een verbeterd gescheiden stelsel als alle schone verharde oppervlakken afgekoppeld worden?

8.5 Gewasschade door verdroging

Waar het anti-verdrogingsbeleid zich met name richtte op verhoging van grond- en oppervlakte-waterpeilen, dreigt de WB21-discussie nu tot een tegenovergestelde beweging te leiden. In beide gevallen is het de vraag of voldoende aandacht is besteed aan de gevolgen voor het landbouwkundige gebruik. Zo zullen maatregelen die leiden tot verlaging van grondwaterstanden niet alleen verlaging van natschade, maar ook toename van droogteschade tot gevolg hebben en geldt voor maatregelen die leiden tot verhoging van grondwaterstanden het omgekeerde.

In de schadeberekeningen voor de DSGV-Zeeland wordt tot nu toe alleen een beeld gegeven van de te verwachten (nat)schade door te hoge grondwaterstanden. Om het beeld te completeren, zijn onderstaand voor verschillende Gt-klassen de optredende nat- en droogteschades weergegeven voor verschillende bodemtypen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de HELP-tabellen (1987).

Voor Zeeland zijn met name de tabellen voor kleigronden met bodemgebruik bouwland van belang. Vanwege de sterkere interactie tussen grond- en oppervlaktewater en het aandeel van deze gronden in Zeeland zijn daarvan met name droogtegevoelige klei/zavel-gronden met zand in de ondergrond (profielverloop 2; zand binnen 80 cm) interessant. De grootste groep vormen de zavel- en kleigronden met op- en aflopend profiel (profielverloop 5). Na een korte toelichting op de gegevens voor overige gronden worden enkele conclusies getrokken.

Klei op zand

Tabel 8.8: Droogteschade bij profielverloop 2 (zand beginnend binnen 80 cm)

Gt	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)	Natschade (%)	Droogteschade (%)	Saldo Ns- Ds (%)	Afname Ds (%)
VII*	160	260	3	29	32	
VII	100	200	3	23	26	6
VI	60	170	5	14	19	9
V*	35	150	10	7.25	17.25	6.75
V	25	140	15	5	20	2.25
IV	50	110	7	1	8	4.0

Hieruit kan afgeleid worden dat de GHG bij voorkeur dieper dan 60 cm en de GLG ondieper dan 140 cm moet zijn. Er moet voor gewaakt worden dat de GLG verder dan 150 cm-mv wegzakt. Een goed beheersbare grondwaterstand is van groot belang.

Klei

Tabel 8.9: Droogteschade profielverloop 5 (diepe lutumhoudende profielen).

Gt	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)	Natschade (%)	Droogteschade (%)	Saldo Ns- Ds (%)	Afname Ds (%)
VII*	160	260	3.5	22.25	25.75	
VII	100	200	3.5	9.25	12.75	13
VI	60	170	6.5	4	10.5	5.25
V*	35	150	11.5	2.25	13.75	1.75
V	25	140	17	2.25	19.25	0
IV	50	110	8.5	1	9.5	1.25

Ook hier verdient een GHG van minstens 60 cm de voorkeur. Op kleigronden leiden (iets) dieper liggende grondwaterstanden minder snel tot droogteschade al loopt de schade op als de grondwaterstand tot 200cm-mv of meer wegzakt. Ondiepere grondwaterstanden leiden weer sneller tot schade.

Overige gronden

Het beeld dat uit bovenstaande informatie naar voren komt, geldt evenzeer voor veen-, moerige, en zandgronden (zand binnen 40 cm). Ook voor grondgebruik grasland laten de HELP-tabellen eenzelfde beeld zien. Het verschil tussen bouw- en grasland zit met name in de grotere tolerantie van grasland voor hogere grondwaterstanden.

Conclusie:

De landbouw is het meest gediend bij een goed beheersbare grondwaterstand die zich beweegt tussen de 50 en 150 cm-mv met een optimum rond de 100 cm-mv. Voorwaarde voor een goed beheersbare grondwaterstand vormt een goed beheersbaar oppervlaktewaterpeil.

Uit de berekeningen met SIWOP en het gewasschademodel is gebleken dat intensivering van drainage tot een aanzienlijke beperking van de natschade leidt. Belangrijkste reden hiervoor is dat zo de periodes dat de grondwaterstanden tot in de wortelzone komen, beperkt worden. Deze bevindingen worden bevestigd door de cijfers uit de HELP-tabellen.

De gegevens uit de HELP-tabellen laten verder zien dat grondwaterstanden die tot meer dan 150cm-mv uitzakken ongewenst zijn vanwege toenemende droogteschade. Voor Zeeland is dit gegeven extra van belang vanwege de beperkte mogelijkheden voor beregening.

De ideale combinatie lijkt daarom te liggen in een, rekening houdend met nat- en droogteschade, optimaal oppervlaktewaterpeil met intensief gedraineerde gronden.

Ruwweg ziet het ideaalbeeld er als volgt uit:

- Gemiddelde grondwaterstand op 80 -cm-mv (range 50 – 150)
- Draindiepte op 90 cm-mv (range 70 – 100)
- Oppervlaktewaterpeil op 100 cm-mv (range 80 – 120)

Afhankelijk van de bodemopbouw kunnen lagere oppervlaktewaterpeilen acceptabel (kleigronden) of hogere oppervlaktewaterpeilen gewenst ((klei op) zand en veen) zijn.

9 Conclusies en aanbevelingen

Uit de resultaten weergegeven in dit rapport en de discussies naar aanleiding daarvan kunnen een aantal conclusies en aanbevelingen getrokken worden.

Conclusies

- Voor een globale benadering van de effecten van maatregelen is het model SIWOP geschikt. Indien men meer uitspraken wil op lokaal niveau dient er een gedetailleerdere systeem analyse plaats te vinden.
- Met name de huidige berging (oppervlakte openwater) blijkt een zeer belangrijk gegeven te zijn dat onvoldoende bekend is.
- Het hydrologisch model bebouwd gebied is geschikt voor berekeningen van de benodigde berging. Ook hier is de exacte bepaling van de huidige berging van groot belang.
- Het schade model landbouw is, uitgaande van goed gegevens grondwaterstandverloop, geschikt om met name de effecten van maatregelen te berekenen. Het absolute schade niveau in de huidige situatie zal nog beter onderbouwd/uitgewerkt dienen te worden.
- Het werken met regenreeksen bij verschillende frequentie is een geschikte werkwijze bij het bepalen van maatregelen die nodig zijn om te voldoen aan de normering in kader van WB21.
- Gebleken is dat de schade door te hoge grondwaterstanden vele malen groter is dan alleen de schade door inundatie. Dit omdat schade door hoge grondwaterstanden over een veel grotere oppervlakte aan de orde is.
- Vasthouden in oppervlaktewater (bergen) geeft in Zeeland snel veel schade zonder dat daar duidelijke voordelen tegenoverstaan. Meer afvoeren is in Zeeland dikwijls geen afwentelen omdat er voornamelijk op buitenwater wordt geloosd.
- Maatregelen ter vermindering van inundatie hebben puur economisch gezien een laag rendement.
- Het telen van gewassen op, vanuit water gezien, meest geschikte plaatsen brengt een groot rendement met zich mee. Dit zal in veel gevallen praktisch gezien moeilijk realiseerbaar zijn.

Aanbevelingen

- De volgende stap in de uitwerking moet zijn dat er meer duidelijkheid komt over de openwater berging per maalggebied/peilgebied. Het gaat hierbij ook om actuele afmetingen van waterlopen en kunstwerken.
- Veranderingen in het gebied die een verandering in afmetingen van waterlopen en kunstwerken met zich mee brengen, en dus relevant zijn voor de berging, dienen bijgehouden te worden.

Waterbeheer 21^e eeuw voor Zeeland

**Rapportage werkgroep Hydrologie
Aanpak Wateroverlast**

Bijlagen

Versie 1.1
26-1-04

Inhoudsopgave Bijlagen

Bijlage 1	Samenstelling Werkgroep Hydrologie	3
Bijlage 2	Verdeling gebiedstypen.	5
Bijlage 3	Uitwisselpunten met het hoofdsysteem	9
Bijlage 4	Vergelijkende kostenberekeningen bij mogelijke maatregelen	13
Bijlage 5	SIWOP (Snelle Indicatie WaterOverlastProblematiek).....	15
Bijlage 6	Hydrologisch model bebouwd gebied	27
Bijlage 7	Model voor landbouwschade	31
Bijlage 8	Uitgangspunten bepaling ruimte en kosten	51

Bijlage 1 Samenstelling Werkgroep Hydrologie

Tabel: Samenstelling werkgroep Hydrologie

Naam	Dienst/functie
L.A. Kaland	Provincie/directie RMW Zeeland; voorzitter (eerste periode)
A.A. v.d Straat	Provincie/directie RMW Zeeland; secretaris(eerste periode), voorzitter (tweede periode)
D.J.F. Lagendijk	Provincie/directie RMW Zeeland; secretaris
L. Veening	Waterschap Zeeuwse Eilanden
A. Kramer	Waterschap Zeeuwse Eilanden
A. de Keuninck	Waterschap Zeeuws-Vlaanderen
F. Maenhout	Waterschap Zeeuws-Vlaanderen (eerste periode)
C. Raes	Waterschap Zeeuws-Vlaanderen (tweede periode)
M. Meeuwse	Dienst Landelijk Gebied (DLG)
K. Dekker	Dienst Landelijk Gebied (DLG)

Bijlage 2 Verdeling gebiedstypen.

Aanleiding

In de uitwerking van de WB21-problematiek wordt de inundatiekans berekend voor verschillende gebiedstypen. Om uitspraken te kunnen doen over de inundatiekans voor (delen van) Zeeland moeten de gebiedstypen gekoppeld kunnen worden aan gebieden.

Doel

Vastleggen van een zodanige koppeling van gebiedstypen aan gebieden dat gebiedsgericht uitspraken gedaan kunnen worden over inundatiekansen.

Uitgangspunten

In algemene zin is voorgesteld de toedeling van gebiedstypen te baseren op hoogteligging en bodemopbouw. Na vastlegging van de gebiedstypen zijn er keuzes gemaakt over omvang van gebieden en de wijze van gebruik van hoogte- en bodemkaart waarbij hieronder de gehanteerde uitgangspunten nader zijn toegelicht.

Gebiedstypen:

In de werkgroep WB21-hydrologie is de volgende gebiedstype-indeling overeengekomen.

Tabel: Kenmerken per gebiedstype

Gebiedstype	Ow-peil (m-mv)	% opp.water (aan mv)	Gw-peil (m-mv)	Berg.factor (%)
LAAG	0.90	2.15 (3.0)	0.70	4
MIDDELLAAG	1.20	1.70 (3.0)	0.90	5
MIDDELHOOG	1.50	1.25 (3.0)	1.10	5.5
HOOG	1.80	0.80 (3.0)	1.30	6

In de modelberekeningen met SIWOP wordt gewerkt met het aantal mm's berging in grond- en oppervlaktewater. Bovengenoemde grond- en oppervlaktewaterpeilen zijn hier - op basis van resp. bergingsfactor en percentage opp.water - uit afgeleid.

Omvang gebieden:

De toewijzing van gebiedstypen kan gedaan worden per:

- peilgebied
- afwateringsgebied
- deelgebied
- provincie

Omdat peilgebieden (te) sterk in omvang verschillen en binnen deelgebieden de systeemeigenschappen teveel uiteenlopen, wordt uitgegaan van toewijzing per afwateringsgebied.

Toewijzing gebiedstypen:

Per afwateringsgebied kan gekozen worden voor toewijzing van:

- één gebiedstype
- een gebiedstype-verdeling

Vanwege de omvang van afwateringsgebieden en de diversiteit daarbinnen wordt gewerkt met een gebiedstype-verdeling.

Hoogteklassen:

Voor het gebruik van de hoogtekaart kan gekozen worden voor:

- absolute hoogtes
- relatieve hoogtes

Omdat het peilbeheer zo goed mogelijk afgestemd zal zijn op de hoogteverdeling binnen het betreffende gebied moet gewerkt worden met relatieve hoogtes.

Hiervoor is een op het AHN gebaseerd grid-bestand gebruikt dat per afwateringsgebied de hoogteverdeling per vijf procent geeft (\\rmw5a\arcview\ast\kans\berging\sl20_zld).

Bodemklassen:

Voor de aan te houden bodemklasse-indeling wordt gebruik gemaakt van de vereenvoudigde weergave van de bodemkaart die in het kader van de voorbereiding van het WHP gemaakt is. Dit betreft de volgende klassen:

- Poelgronden
- Zware schorggronden
- Lichte schorggronden
- Plaatgronden
- Zandgronden

Voor deze bodemklasse-indeling is een grid-bestand beschikbaar
(\\rmw5a\arcview\ast\kans\bodem\bodclus_zld)

Toewijzing gebiedstypen

In eerste instantie is de toewijzing van gebiedstypen globaal benaderd voor de gehele provincie. Het beschikbare basismateriaal maakt een detaillering naar afwateringsgebieden wel mogelijk.

Onderstaande tabel geeft de gevolgde toewijzingssystematiek

Tabel: Toewijzing gebiedstypen op basis van bodem en hoogte.

Bodemklasse	Hoogteklasse (%)	Gebiedstype
Poel (5-6)	0-25	Laag
	25-100	Middellaag
Schor-zwaar (4)	0-25	Laag
	25-80	Middellaag
	80-100	Middelhoog
Schor-licht (3)	0-20	Laag
	20-70	Middellaag
	70-100	Middelhoog
Plaat (2)	0-10	Laag
	10-40	Middellaag
	40-70	Middelhoog
	70-100	Hoog
Zand (1)	0-10	Laag
	10-30	Middellaag
	30-60	Middelhoog
	60-100	Hoog

Aan de hand van deze toewijzingssystematiek is een GIS-laag aangemaakt met de naam 'Gebiedstypen' (\\rmw5a\arcview\ast\WB21\gebiedstype_2).

Vanuit deze Gis-laag kan de verdeling van de gebiedstypen over (delen van) de provincie met statistische analyses afgeleid worden.

Resultaat

Met wat beperkingen vanwege kleine tekortkomingen in de gebruikte basisbestanden leidt bovenstaande exercitie tot het volgende beeld.

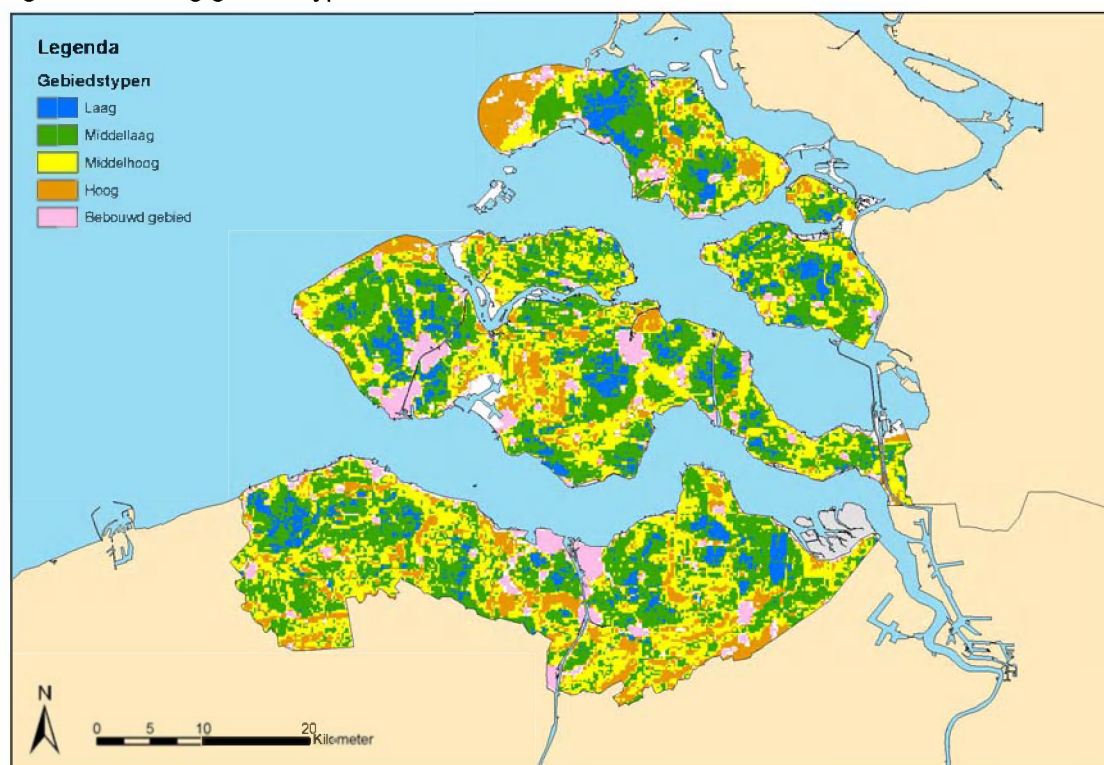
Tabel: Oppervlakte verdeling gebiedstypen.

Gebiedstype	Oppervlakte	Aandeel
Laag	31.000	0.20
Middellaag	70.000	0.44
Middelhoog	40.000	0.25
Hoog	18.000	0.11
Stad/overig	(13.500)	-
Totaal	159.000	1.0

Omdat voor het stedelijk gebied een apart spoor gevolgd wordt, is dit deel buiten de berekeningen voor het landelijk gebied gehouden.

Op onderstaande kaart is de verdeling van de gebiedstypen over zeeland weergegeven.

Figuur: Verdeling gebiedstypen over Zeeland.

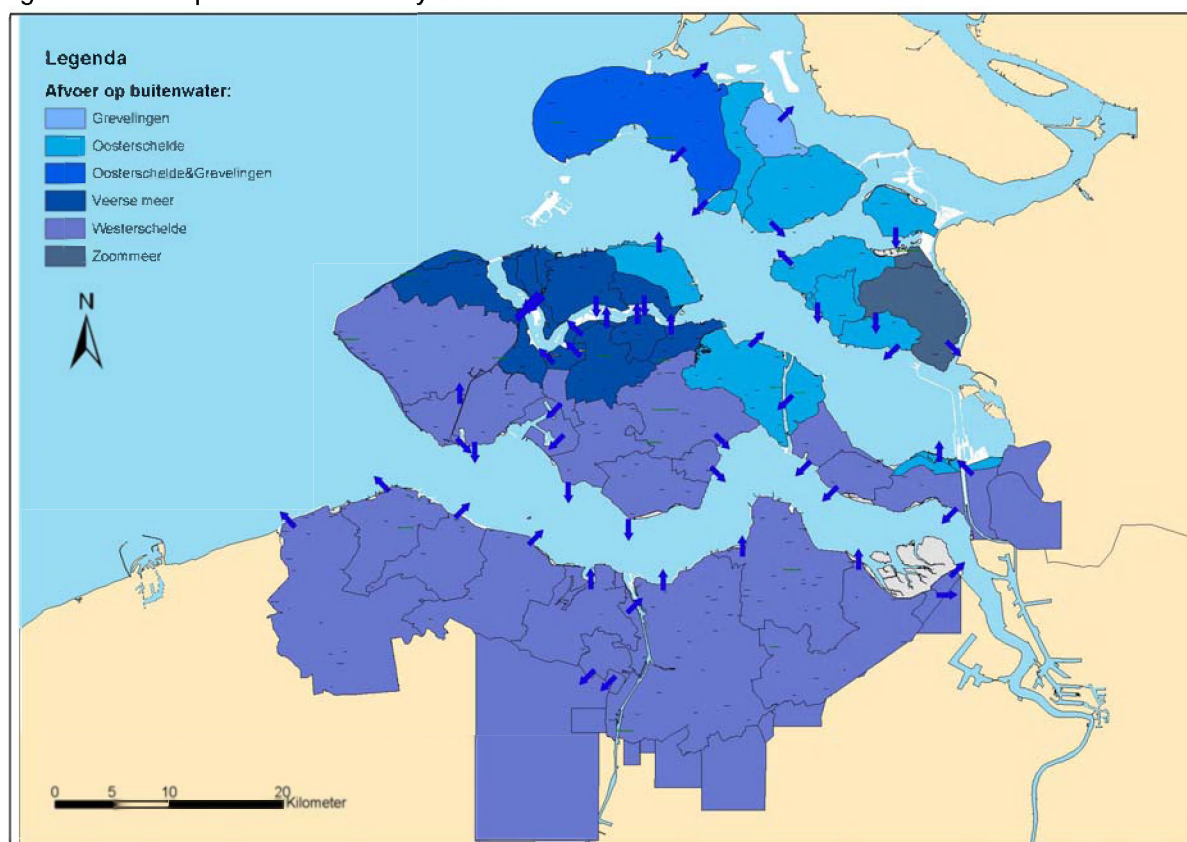


Bijlage 3 Uitwisselpunten met het hoofdsysteem

	Afvoergebied	Pompcap.	Gemiddelde aan- of afvoer	
		2000	2000	2050
	ha	m³ /min	m³ x 1000/jaar	m³ x 1000/jaar
Volkerak-Zoommeer				
Afvoerpunten				
gemaal Van Haaften	402	32	1.608	1.769
gemaal De Eendracht	4.993	472	19.972	21.969
duiker Rammegors	180		720	792
Totaal afvoer op Volkerak-Zoommeer	5.575		22.300	24.530
Aanvoerpunten Tholen en Sint Philipsland				
inlaat Campweg (Philipsland)				
inlaat Van Haaften (Tholen)			gering	?
inlaat Drie Grote Polders (Tholen)			gering	?
inlaat Oud-Kijkuit (Tholen)			gering	?
inlaat Schakerloopolder (Tholen)			gering	?
Aanvoerpunt Zuid-Beveland				
inlaatgemaal Reigersbergsche Polder			2.000	2.000
Zuidpand Schelde-Rijnkanaal				
Afvoerpunt Zuid-Beveland				
gemaal Hogerwaardpolder	225	20	900	990
Veerse Meer				
Afvoerpunten Noord-Beveland				
gemaal Jacoba	366	33	1.464	1.610
sluis (+ gemaal) Jacobapolder	645	33	2.580	2.838
gemaal Willem	3.069	240	12.276	13.504
gemaal Adriaan	1.170	90	4.680	5.148
Afvoerpunten Zuid-Beveland				
gemaal Wilhelmina	1.188	100	4.752	5.227
gemaal Oosterland	1.264	100	5.056	5.562
gemaal Muidenweg	140	12	560	616
sluis Egbert Petruspolder	60		240	264
buitengebied De Piet	530		2.120	2.332
gemaal De Piet	3.165	250	12.660	13.926
Afvoerpunten Walcheren				
gemaal Oranjeplaat	49	6	196	216
gemaal Aalvanger	24	3	96	106
gemaal Kleverskerke	1.152	148	4.608	5.069
gemaal Oostwatering	3.073	239	12.292	13.521
Totale afvoer op Veerse Meer	15.895		63.580	69.938
Oosterschelde				
Afvoerpunten Schouwen-Duiveland				
gemaal De Prommel	10.450	995	31.350	34.485
gemaal het Sas	2.225	250	8.900	9.790
gemaal Zuidhoek	370	47	1.480	1.628
gemaal Duiveland	5.260	471	21.040	23.144
Afvoerpunt Sint-Philipsland				
gemaal De Luijster	1.890	150	7.560	8.316
Afvoerpunten Tholen				
sluis Stavenisse	ca 3000		0	?
gemaal De Noord	4.806	413	19.224	21.146
gemaal Loohoek	1.731	191	6.924	7.616
Afvoerpunten Zuid-Beveland				
gemaal De Graaff	475	40	1.900	2.090

	Afvoergebied	Pompcap. 2000 m³ /min	Gemiddelde aan- of afvoer	
			2000 m³ x 1000/jaar	2050 m³ x 1000/jaar
	ha			
gemaal Yerseke Moer	1.479	140	5.916	6.508
gemaal Dekker	4.725	335	18.900	20.790
sluis Goese Sas	100		400	440
Afvoerpunt Noord-Beveland				
gemaal en sluis De Valle	2.427	221	9.708	10.679
Totaal afvoer op Oosterschelde	35.938		133.302	146.632
Inlaatpunt				
inlaatgemaal Goese Sas	100		gering	?
Grevelingenmeer				
Afvoerpunten Schouwen Duiveland				
gemaal den Osse	10.450	?	10.450	11.495
gemaal Dreischor	1.866	160	7.464	8.210
Totaal op Grevelingenmeer	12.316		17.914	19.705
Westerschelde				
Afvoerpunten Zuid-Beveland				
gemaal Reigersbergsche polder	1.636	131		
gemaal Waarde	1.840	175		
gemaal Glerum	1.870	170		
gemaal Maelstede	6.142	644		
gemaal Groenewege	1.012	90		
gemaal Hellewoud	3.604	400		
gemaal Van Borsele	3.731	311		
gemaal Quarlespolder	820	70		
Afvoerpunten Walcheren				
gemaal Boreel	10.422	825		
gemaal Zuidwatering	4.551	329		
Afvoerpunten West Zeeuwsch-Vlaanderen				
gemaal en sluis Cadzand	13.786	1.000		
gemaal Nieuwe Sluis	4.572	350		
gemaal Nummer Een	4.012	300		
sluis Nol Zeven	6.700			
sluis Braakmankreek	22.197			
gemaal Westelijke Rijkswaterleiding	1.581			
Afvoerpunten Oost Zeeuwsch-Vlaanderen				
gemaal en sluis Othene	20.337	912		
gemaal Campen	8.909	642		
sluis Walsoorden	0			
gemaal Paal	8.880	700		
sluis Hertogin Hedwigepolder	306			
Totaal op Westerschelde	126.908			

Figuur: Uitwisselpunten met hoofdsysteem.



Bijlage 4 Vergelijkende kostenberekeningen bij mogelijke maatregelen

Beschrijving fictief modelgebied:

Grootte 5000 ha met 2% wateroppervlak.

Gedraineerde percelen 4000 ha

Toegepaste peilstijging tot begin van inundatie: gemiddeld 100 cm

Bestaande berging in opp water is: $2\% \times 100 \text{ cm} = 20 \text{ mm}$

Bestaande berging in grondwater is: $98\% \times 80 \text{ cm} \times 6\% = 46 \text{ mm}$

Bestaande bemalingscapaciteit = $12 \text{ mm/dag} = 416,67 \text{ m}^3/\text{min}$.

code	Mogelijke maatregelen	aantal	Eenheid	extra berging	prijs / eenheid	totaal kosten	levensduur	ec. afschr.
				mm	€	€	jaren	jaren
Bergen en/of vasthouden (A, B en C)								
A1:	Structurele peilverlaging 5 cm					geen	nvt	nvt
	extra berging in wateropp: 5 cm x 2%			1				
	extra berging in grondwater: 5 cm x 98% x 6%			2,94				
<i>Bijbehorende aanpassingen infrastructuur: kunstwerken verdiepen</i>								
	kleine peilverlaging <10 cm	5	stuks		5.000,00	25.000	50	20
	peilverlaging 10 tot 20 cm	300	stuks		4.000,00	1.200.000	50	20
	peilverlaging >20 cm	600	stuks		3.000,00	1.800.000	50	20
A2	Verruiming wateroppervlak met 0,40 % extra							
	Extra berging is: $0,40\% \times 100 \text{ cm}$			4				
	20 ha ontgraven, gemiddelde prijs	200.000	m2		8,00	1.600.000	100	20
<i>Vergelijkingen met Systeemanalyse polder Schouwen (SAS-studie, Zld):</i>								
	60 km nvo's	300.000	m2		10,00	3.000.000	100	20
	Aanleg inundatiebekken	700.000	m2		10,00	7.000.000	100	20
	Aanleg rabatbos	500.000	m2		13,00	6.500.000	100	20
A3	Tijdelijk hogere peilen							
	2% x 20 cm			4				
	Evt aanpassen of vervangen van stuwen	4	stuks		10.000,00	40.000		
	en/of evt automatiseren stuwen	4	stuks		25.000,00	100.000		
	Schadevergoedingen zie C1/2							
B1	Flexibel peilbeheer; tijdelijk peilverlaging 2% x 20 cm			4				
	dmv extra arbeid	5.000	ha		0,15	750	nvt	nvt
	en automatisering belangrijke stuwen.	4	stuks		25.000,00	100.000	20	10
C1/C2	Vrijwillige overstrooming van huidige landbouwgebieden							
	dmv functiewijziging akkerbouw naar grasland middels afkoopsom							
	extra berging is: 200 ha (2%) x 10 cm waterkolom			4				
	functiewijziging akkerbouw naar grasland	200	ha		12.000,00	2.400.000	100	?
	of: opkopen voor natuurfunctie	200	ha		27.000,00	5.400.000	100	?

code	Mogelijke maatregelen	aantal	Een- heid	extra afvoer cap	prijs / eenheid	totaal kosten	levens- duur	ec. afschr.
				mm/dag	€	€	jaren	jaren
Maatregelen voor extra afvoercapaciteit (D)								
D1	bestaande gemalen intern uitbreiden							
	extra cap: 139 m3/min, gemiddeld	139	m3/min	4	5.000,00	695.000	40	20
Voorbeelden uitbreidingen capaciteit uitgevoerde gemalen:								
	<i>gemaal Postweg, Kapelle</i>	16	<i>m3/min</i>		1.438	23.000		
	<i>gemaal De Graaff, Bathpolder</i>	5	<i>m3/min</i>		2.280	11.400		
	<i>gemaal Boreel, Middelburg</i>	150	<i>m3/min</i>		2.733	410.000		
	<i>gemaal Baarland</i>	10	<i>m3/min</i>		8.200	82.000		
	<i>raming gemaal Zuidwatering, Ritthem</i>	80	<i>m3/min</i>		3.688	295.000		
	<i>raming gemaal Prommelsluis (SD)</i>	250	<i>m3/min</i>		8.400	2.100.000		
D2	Nieuw gemaal erbij bouwen							
	extra capaciteit	139	m3/min	4	15.000,00	2.085.000	40	20
Voorbeelden nieuwe gemalen:								
	<i>Gemaal bij De Piet (Lewedorp), incl pijp over de dijk</i>	250	<i>m3/min</i>		15.600,00	3.900.000		
	<i>idem, met afvoer door bestaande duiker</i>	250	<i>m3/min</i>		5.600,00	1.400.000		
	<i>Raming gemaal Schouwen, uitslaand op Oosterschelde</i>	250	<i>m3/min</i>		25.000,00	6.250.000	40	20
	<i>Raming gemaal Braakman variant 1080 m3/min, minimum</i>	1.080	<i>m3/min</i>		4.851,00	5.239.080	40	20
	<i>idem, maximum</i>	1.080	<i>m3/min</i>		6.458,00	6.974.640	40	20
	<i>Raming gemaal Braakman variant 540 m3/min, minimum</i>	540	<i>m3/min</i>		5.806,00	3.135.240	40	20
	<i>idem, maximum</i>	540	<i>m3/min</i>		7.630,00	4.120.200	40	20
	<i>Bijmaling Westbuitenhaven variant A1</i>	180	<i>m3/min</i>		4.911,00	883.980	40	20
	<i>Bijmaling Westbuitenhaven variant A2</i>	282	<i>m3/min</i>		3.542,00	998.844	40	20
D2	Nieuw ondergemaal	139	m3/min	4	10.000,00	1.390.000	40	20
	Kleine onderbemalingen (<20 m3/min).	139	m3/min	4	2.000,00	278.000	40	20
D2	Mobiele pompen inzetten	139	m3/min	4	2.700,00	375.300	40	10
D3	Nieuwe suatiesluizen					PM		
	<i>Extra afvoercapaciteit in afvoerstelsel</i>			4				
D4	Verruiming waterlopen: nauwelijks nodig ??					PM		
D5	Verruimen stuwen en duikers in prim.wl							
	Enkele kunstwerken verruimen	10	stuks		10.000,00	100.000	50	20
D6	Verdubbeling drainagecapaciteit (dieper of intensiever)	4.000	ha		900,00	3.600.000	15	10

Bijlage 5 SIWOP (Snelle Indicatie WaterOverlastProblematiek)

Hydrologisch model landelijk gebied

Inleiding

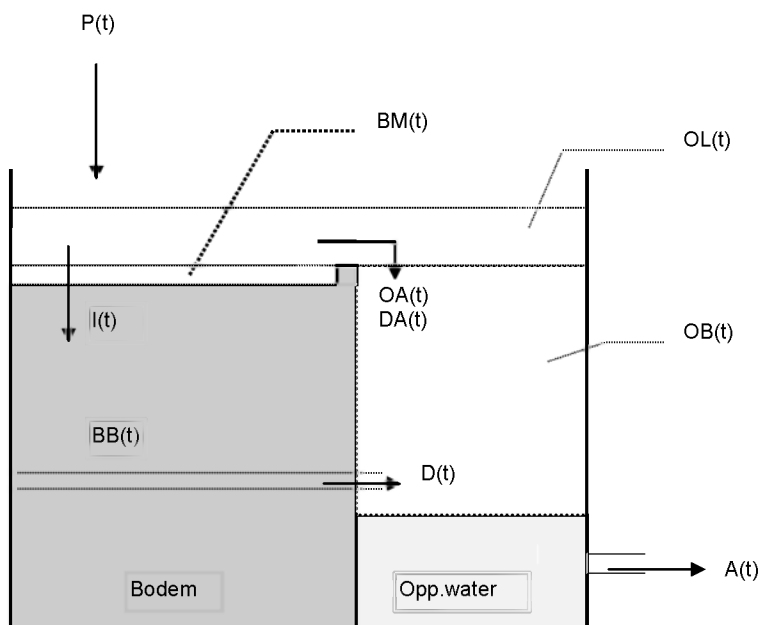
Vanuit de behoefte om richting te geven aan de discussie over de wijze waarop omgegaan kan worden met de te verwachten toename van neerslagduur en -intensiteit in de komende jaren is door de provincie Zeeland een eenvoudig rekenmodel ontwikkeld. Aan de hand van in te voeren neerslagpatronen, gebieds- en systeemeigenschappen wordt via dit model bepaald of en in welke mate wateroverlast verwacht mag worden.

Verder biedt het model de mogelijkheid de effecten van maatregelen inzichtelijk te maken door de ingevoerde systeemeigenschappen aan te passen.

Onderstaand wordt eerst ingegaan op de wijze waarop het neerslag-afvoerproces geschematiseerd is. Vervolgens komt de wijze waarop met het model gerekend kan worden aan de orde en wordt ingegaan op de te gebruiken rekenwaarden. Tot slot wordt ingegaan op de toepassing van het model voor de Deelstroomgebiedsvisie.

Procesbeschrijving

Het gehele proces van neerslag, infiltratie, berging en afvoer is geschematiseerd weergegeven in figuur 1. Er is bewust voor gekozen het proces sterk te vereenvoudigen. De belangrijkste vraag die beantwoord moet worden is namelijk of en in welke mate wateroverlast te verwachten is bij neerslagsituaties met bepaalde frequenties van voorkomen. Dit betekent dat het gaat om de vraag of grotere neerslaghoeveelheden in een tijdsbestek van een of enkele dagen opgevangen en afgevoerd kunnen worden. Gegevens als verdamping, kwel en infiltratie zijn daarom van ondergeschikt belang en worden buiten beschouwing gelaten. In principe wordt alle neerslag via de bodem afgevoerd naar het oppervlaktewater. Onderscheid tussen open water, verhard en onverhard oppervlak wordt (nog) niet gemaakt.



Figuur 1: Geschematiseerde neerslag-afvoerrelatie (zie tekst voor parameterwaarden)

Het gemodelleerde proces kan als volgt beschreven worden:

Het deel van de neerslag ($P(t)$) dat binnen de grenswaarde (GW = maximaal te infiltreren hoeveelheid per tijdstap) valt, infiltreert in de bodem ($I(t)$). Het deel boven de grenswaarde wordt oppervlakkig afgevoerd ($OA(t)$).

Door het infiltrerende water wordt de bergingscapaciteit van de bodem ($BB(t)$) opgevuld. Bij overschrijding van de bergingscapaciteit van de bodem wordt het eerste deel van het surplus aan neerslag aan maaiveld geborgen ($BM(t)$). Het resterende deel wordt direct afgevoerd naar het oppervlaktewater ($DA(t)$).

Per tijdstap wordt de bergingscapaciteit van de bodem, tot het maximum BB bereikt is, vergroot met de hoeveelheid die via drainage afgevoerd wordt ($D(t)$).

Voor de berekening van de drainafvoer ($D(t)$) wordt een lineair verband aangehouden dat varieert van 0 mm bij een grondwaterstand op drainniveau tot de maximale drainafvoer (DM) bij een grondwaterstand aan maaiveld. De drainafvoer kan beperkt worden door het oppervlaktewaterpeil. Zodra het oppervlaktewaterpeil boven drainniveau uitkomt, wordt gerekend met het peilverschil tussen grondwaterstand en oppervlaktewaterpeil in plaats van het verschil tussen grondwaterstand en drainniveau.

Per tijdstap wordt de af te voeren hoeveelheid water ($TA(t)$) bepaald. Deze bestaat uit de som van de termen drainage ($D(t)$), directe afvoer ($DA(t)$) en oppervlakkige afvoer ($OA(t)$). Daarnaast moet ook de waterschijf uit de voorgaande tijdstap ($OB2(t-1)-OB$) die eventueel geborgen is in het oppervlaktewater nog afgevoerd worden.

Zolang de totaal af te voeren hoeveelheid water kleiner is dan de gemaalcapaciteit (bemalen gebied) of de potentieel berekende afvoer (vrij afwaterend gebied) wordt alles afgevoerd en blijft het streefpeil gehandhaafd. Indien de totale hoeveelheid groter is, zal voor het meerdere de oppervlaktewaterberging ($OB(t)$) benut worden en daarmee het oppervlaktewaterpeil stijgen.

Als ook de beschikbare hoeveelheid oppervlaktewaterberging overschreden wordt, ontstaat overlast ($OL(t)$).

Het oppervlaktewaterpeil ($OWP(t)$) en de grondwaterstand ($GWS(t)$) worden indirect afgeleid uit de mate waarin de beschikbare bergingsruimte opgevuld is.

Voor de bepaling van de grondwaterstand is een lineaire relatie aangehouden: Indien een bergingsruimte in de bodem van 40mm staat voor een grondwaterstand van 80cm-mv dan correspondeert een bergingsruimte van 20mm met een grondwaterstand van 40cm-mv.

Voor de benadering van het oppervlaktewaterpeilverloop is een relatie gelegd met de toename van het open wateroppervlak bij stijgend peil, waardoor het peil minder snel stijgt naarmate de bergingsruimte verder opgevuld wordt.

Rekenmodel

Het geschematiseerde proces is uitgewerkt in een spreadsheetmodel met de naam **SIWOP: Snelle Indicatie WaterOverlastProblematiek**.

Aan de hand van op te geven waarden voor o.a. afvoercapaciteit en maximaal beschikbare berging in bodem en oppervlaktewater geeft het model zowel zicht op de vraag of wateroverlast op zal treden als op het verloop van de volgende parameters:

- grondwaterstand,
- drainafvoer,
- oppervlaktewaterpeil,
- afvoerdebiet

Tussen deze parameters zijn onderlinge afhankelijkheden ingebouwd, zodat bv. remming van de drainafvoer optreedt als het oppervlaktewaterpeil boven drainniveau uitkomt. Alle berekeningen worden uitgevoerd in mm. Dit houdt in dat er geen directe koppeling bestaat met de oppervlakte waarop de berekening betrekking heeft.

Het model biedt de mogelijkheid om gebieden als één groot systeem door te rekenen of als een aantal gekoppelde deelsystemen. In het eerste geval worden gemiddelde waarden van alle gebieds- en systeemparemeters ingevoerd en ontstaat een zeer globaal beeld van de consequenties van neerslaggebeurtenissen voor het gebied. Bij het werken met gekoppelde deelsystemen wordt de werkelijkheid wat beter benaderd en moeten gebieds- en systeemparemeters per deelgebied ingevoerd worden. Voorwaarde voor het werken met deelsystemen is, dat de indeling gerelateerd wordt aan de hoogteligging. Dit betekent dat voor de gebieds- en systeemeigenschappen impliciet een relatie met de (relatieve) hoogteligging verondersteld wordt. Het aantal te koppelen deelgebieden

kan naar wens aangepast worden. In het kader van de deelstroomgebiedsvisie is gekozen voor vier deelgebieden: Hoog, Middelhoog, Middellaag en Laag. Uiteraard loopt de afvoer in de berekening van het hoogst gelegen deelgebied naar het laagst gelegen deelgebied van waaruit uitgemalen wordt. Eventuele stremming van de afvoer vanuit een hoger gelegen deelgebied door peilstijging in het onderliggende deelgebied wordt in de berekeningen verwerkt.

Het gebruik en de opbouw van het model via werkbladen wordt verderop in deze bijlage nader toegelicht. Onderstaand volgt eerst de beschrijving van de in SIWOP gebruikte rekenwaarden.

Standaardset rekenwaarden

Voor alle in te voeren rekenwaarden is nagegaan wat de meest waarschijnlijke waarde is voor een gemiddelde situatie.

Dit heeft geleid tot de volgende standaardset rekenwaarden:

Gemaalcapaciteit	GC	12 mm/d
Deze waarde is aan de hoge kant.		
Bergingsruimte open water	OB	14 mm
Gerekend is met een bergingsruimte van 70cm op 2% van de oppervlakte		
Bergingsruimte bodem	BB	42 mm
Uitgaande van een wintersituatie is gerekend met een maximale grondwaterstandstijging van 70cm bij een bergingsfactor van 6%.		
Bergingsruimte maaiveld	BM	10 mm
Waarde ingeschat op basis van 'best professional judgement'.		
Max. drainagewaarde	DM	14 mm/d
Als drainagecriterium wordt over het algemeen uitgegaan van 7 mm/d bij een grondwaterstand van 50cm-mv. De waarde van de drainageafvoer is afhankelijk van bodemsamenstelling, draindiepte, drainafstand en grondwaterstand en zal daarbij variëren van 0 (grondwaterstand op drainniveau) tot 14 mm/d (grondwaterstand aan maaiveld). Voor de berekening van de drainafvoer is een lineair verband aangehouden: $14 \cdot (1 - \text{beschikbare bergingsruimte} / \text{max. bergingsruimte})$		
Grenswaarde	GW	100 mm
Zolang de maximale infiltratiewaarde meer bedraagt dan BB is het effect nihil.		
Keuze van deze waarde is een ruwe schatting. Vooralsnog wordt de grenswaarde in de berekeningen niet gebruikt door de waarde hiervoor hoger in te stellen dan BB + BM.		

Voor specifieke gebieden kunnen de op dat gebied afgestemde rekenwaarden ingebracht worden (zie o.a. tabel 1).

Gebiedsafhankelijke rekenwaarden

Bij de gebiedsafhankelijke rekenwaarden kan onderscheid gemaakt worden tussen de technische randvoorwaarden en de bodemafhankelijke randvoorwaarden.

Onder de technische randvoorwaarden valt in ieder geval de gemaalcapaciteit. Deze is per afwateringsgebied bekend en kan eenvoudig achterhaald worden. Hoewel de bergingsruimte voor open water en voor bodem bij een verder doorgevoerde detaillering onder de technische randvoorwaarden geschaard zouden moeten worden, worden deze vooralsnog onder de bodemafhankelijke randvoorwaarden uitgewerkt. Reden hiervoor is de gewenste snelle rekenwijze en de relatie die tussen bodemopbouw en ont- en afwateringsstelsel gelegd kan worden. Onderstaande tabel geeft een indicatie van de bodemafhankelijke randvoorwaarden voor vijf bodemtypen.

Bodemtype	Bergingsfactor bodem (%)	Max.stijging grwst (mm)	Bergingsruimte bodem (mm)	Percentage opp.w.	Max.stijging ow-peil (mm)	Bergingsruimte opp.w (mm)	Max.drainage waarde (mm/d)
Duin	12	1250	150	0,5	1000	5	16
Zand	8	900	72	1	1000	10	16
Plaat	7	800	56	1,5	900	13,5	14
Schor	6	600	36	2	700	14	14
Veen	5	500	25	2	600	12	12

Tabel 1: Bodemafhankelijke randvoorwaarden

Aan de hand van rekenresultaten kan beoordeeld worden in hoeverre bijstelling van deze randvoorwaarden nodig is. Eventueel kunnen later, naast deze gemiddelde waarden, per bodemtype nog waarden gegeven worden voor relatief hoog en relatief laag gelegen gronden.

Neerslagreeksen

Voor de neerslagreeksen is gebruik gemaakt van de frequentie-verdelingen zoals die voor de SAS-studie¹ zijn bepaald.

Het betreft neerslagreeksen met frequenties van voorkomen van 15*/jaar, 1*/jaar, 1*/10 jaar, 1*/25 jaar, 1*/50 jaar en 1*/100 jaar, waarbij rekening is gehouden met de verwachte klimaatwijziging (middenscenario WB21). Verder zijn de reeksen voor 1*/jaar en 1*/100 jaar exclusief klimaatwijziging en de reeks van september 1998 bekeken.

Toepassing SIWOP

Zoals gezegd biedt SIWOP de mogelijkheid om systemen als één groot systeem door te rekenen of als een aantal gekoppelde deelsystemen.

Losstaand

In het eerste geval worden gemiddelde waarden van alle gebieds- en systeemparemeters ingevoerd en ontstaat snel een globaal beeld van de consequenties van neerslaggebeurtenissen voor het gebied.

Gekoppeld

Voor een meervoudige berekening kunnen meerdere 'bakken' van het enkelvoudige model aan elkaar gekoppeld worden. Elke 'bak' vertegenwoordigt een deel van het gebied. Het aantal te koppelen modellen is naar behoefte aan te passen. Bij het werken met gekoppelde deelsystemen wordt de werkelijkheid wat beter benaderd en moeten gebieds- en systeemparemeters per deelgebied ingevoerd worden.

Voor de Deelstroomgebiedsvisie is gewerkt met een opsplitsing in vier deelgebieden, waarbij het laagste deelgebied afvoert via een gemaal met een bepaalde afvoercapaciteit en de hogere deelgebieden via een afvoerformule.

Onderstaande tabel geeft aan welke systeemeigenschappen voor de verschillende deelgebieden zijn aangehouden.

Gebied	Grondwater-stand	Bergings-factor	Bergings-ruimte bodem	Oppervlakte-water peil	Percentage oppervlakte-water	Bergings-ruimte oppervlaktewater
	mm	%	mm	mm	%peil - %mv	mm
Laag	700	4,0	28,0	900	2,15 – 3,00	23,175
Middellaag	900	5,0	45,0	1200	1,70 – 3,00	28,200
Middelhoog	1100	5,5	60,5	1500	1,25 – 3,00	31,875
Hoog	1300	6,0	78,0	1800	0,80 – 3,00	34,200

Tabel 2: Systeemeigenschappen deelgebieden

Schade

¹ Systeem Analyse Schouwen, Neerslag en Afvoerintensiteiten, Achtergrondinformatie SAS, Krijn Dekker, Dienst Landelijk Gebied – Zeeland, Goes, 2000.

De WB21-benadering verstaat onder wateroverlast alleen de inundatie van gebieden. Omdat het vermoeden bestond dat met name voor landbouwgewassen de schade bij extreme neerslag niet zozeer door inundatie als wel door te hoge grondwaterstanden veroorzaakt wordt, is tevens een gewasschademodel ontwikkeld (Bijlage 4). In dit model wordt de schade door extreme neerslag benaderd met behulp van de SKOW-methode (Som van de geKwadrateerde OverschrijdingsWaarden van de kritische grondwaterstand). Uitgangspunt van deze methode is dat schade aan gewassen ontstaat zodra de grondwaterstand de onderkant van de wortelzone overschrijdt. De schade neemt toe naarmate de grondwaterstand verder en langer boven deze grens uitkomt.

Aangezien het grondwaterstandsverloop met SIWOP berekend wordt, is het mogelijk om voor verschillende situaties de SKOW-waarden te bepalen. Op basis van de vastgestelde SKOW-waarden geeft het gewasschademodel een benadering van de optredende schade.

Opbouw SIWOP

Op de volgende pagina's wordt eerst een overzicht gegeven van de opbouw van het SIWOP-model (tabel 3) en vervolgens een aantal voorbeelden van de betreffende rekenbladen gegeven.

Tabel 3: Opbouw SIWOP

Naam	Omschrijving	Toelichting
Gebiedsgegevens	Invoerscherm	Invoer rekenwaarden voor het betreffende (deel)gebied
Resultaten	Uitvoerscherm	Overzicht rekenresultaten van alle neerslagsituaties (1/1, 1/10, 1/25, 1/50 en 1/100) voor het betreffende (deel)gebied
SKOW-ovz	Uitvoerscherm	Overzicht berekende SKOW-waarden bij alle neerslagsituaties (1/1, 1/10, 1/25, 1/50 en 1/100) voor het betreffende (deel)gebied. Tevens invoer voor schademodel.
Parameterwaarden	Invoerscherm	Invoer aantal tijdstappen per dag en vaststelling rekenwaarden per tijdstap.
Neerslagpatronen	Invoerscherm	Invoer neerslagpatronen bij verschillende herhalingstijden en omrekening dagwaarden naar waarden per tijdstap (niet automatisch!)
Reken-1	Rekenblad	Berekening voor T=1
Reken-0.1	Rekenblad	Berekening voor T=10
Reken-0.04	Rekenblad	Berekening voor T=25
Reken-0.02	Rekenblad	Berekening voor T=50
Reken-0.01	Rekenblad	Berekening voor T=100
Ovz-gw-ow-1	Vervolgberekening	Overzicht peilverlopen en berekening SKOW bij verschillende bewortelingsdieptes voor T=1
Ovz-gw-ow-0.1	Vervolgberekening	Overzicht peilverlopen en berekening SKOW bij verschillende bewortelingsdieptes voor T=10
Ovz-gw-ow-0.04	Vervolgberekening	Overzicht peilverlopen en berekening SKOW bij verschillende bewortelingsdieptes voor T=25
Ovz-gw-ow-0.02	Vervolgberekening	Overzicht peilverlopen en berekening SKOW bij verschillende bewortelingsdieptes voor T=50
Ovz-gw-ow-0.01	Vervolgberekening	Overzicht peilverlopen en berekening SKOW bij verschillende bewortelingsdieptes voor T=100

SIWOP is een spreadsheetmodel dat in Microsoft Excel is opgezet en werkt met bovenstaande gekoppelde rekenbladen.

In **groen** weergegeven het deel van het rekenprogramma dat ingevuld/gecontroleerd moet worden. In **geel** weergegeven het deel van het programma dat aangepast moet worden op het moment dat met een aangepaste tijdstaplengthte gewerkt wordt.

Gebiedsgegevens

Invoerscherm gebiedsgegevens

Invulvelden:	<i>Facultatief</i>	Niet van belang voor berekening
	<i>Verplicht</i>	Noodzakelijk voor berekening

<u>OMSCHRIJVING</u>	<u>WAARDE</u>	<u>EENHEID</u>	<u>CODE</u>
Variant	RBS-2050		
Naam	Hoog	-	NM
Oppervlakte	18000	ha	OPP
Afvoercapaciteit	140	mm/d	-
Max. drainagewaarde	14	mm/d	DM
Berging aan maaiveld	10	mm	BM
BODEMGEGEVENS:			
Grondwaterstand	1,3	m-mv	GWS
Bergingsfactor	6	%	
Bergingsruimte	78	mm	BB
OPP.WATERGEGEVENS:			
Opp.waterpeil	1,8	m-mv	OWP
Perc. opp.water streefpeil	0,8		POS
Perc. opp.water maaiveld	3		POM
Perc. opp.water gem.	1,9	%	POG
Bergingsruimte gem.	34,2	mm	OB
KOPPELING GEBIEDEN			
Verdrinkingspeil	-0,9	m tov mv	VP
Reductiegrens	1		RG
Vasthouden J/N	N		Vast

Resultaten

Rekenresultaten variant

Hooq

18000 ha

Herhalingstijd	1/1	1/10	1/25	1/50	1/100
GWS < 30cm-mv in dagen	0,0	1,5	2,3	3,8	5,0
Max. OWP in m tov mv	-1,61	-1,54	-1,52	-1,51	-1,31
Inundatie max. in mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Inundatieduur in dagen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SKOW-30	0	52	389	1416	2341
Schadeperc. (dood na 3d)	0	2	14	52	87
Schadeperc. (dood na 5d)	0	1	9	31	52

Hierbij is gerekend met de volgende gegevens:

Afvoercapaciteit	140,0 mm/d
Max. drainagewaarde	14 mm/d
BODEMGEGEVENS:	
Grondwaterstand	1,3 m-mv
Bergingsfactor	6,0 %
Bergingsruimte	78,0 mm
OPP.WATERGEGEVENS:	
Opp.waterpeil	1,8 m-mv
Perc. opp.water gem.	1,9 %
Bergingsruimte	34,2 mm

SKOW-ovz

Overzicht berekende SKOW-waarden en shades

Scenario: **Hooq**

SKOW-waarde

Bew.diepte	20	30	40	50	60	70	80
Herh.tijd							
1/1	0	0	0	0	0	57	671
1/10	0	52	398	1323	3120	6108	10518
1/25	71	389	1186	2725	5306	9180	14574
1/50	493	1416	3102	5818	9792	15225	22336
1/100	896	2341	4776	8426	13473	20108	28545

Schadepercentage na x dagen dood bij T=25

Bew.diepte	20	30	40	50	60	70	80
Dagen dood							
2	9	22	37	54	74	94	100
4	4	11	19	27	37	47	57
8	2	5	9	14	18	23	28
16	1	3	5	7	9	12	14
32	1	1	2	3	5	6	7

Grondwaterstand na 14 dagen (eind standaardreeks)

Herh.tijd	GWS
1/1	
1/10	
1/25	
1/50	
1/100	

Hierbij is gerekend met de volgende gegevens:

Afvoercapaciteit	140,0 mm/d
Max. drainagewaarde	14 mm/d
BODEMGEGEVENS:	
Grondwaterstand	1,3 m-mv
Bergingsfactor	6,0 %
Bergingsruimte	78,0 mm
OPP.WATERGEGEVENS:	
Opp.waterpeil	1,8 m-mv
Perc. opp.water gem.	1,9 %
Bergingsruimte	34,2 mm

Parameterwaarden

Rekenwaarden benadering wateroverlast

	Waarde	Eenheid	Code
Tijdstappen per dag :	12	d-1	DT
Rekenwaarden			
Afvoercapaciteit	11,67	mm/tijdstap	GC
Bergingsruimte open water	34,20	mm	OB
Bergingsruimte bodem	78,00	mm	BB
Bergingsruimte maaiveld	10,00	mm	BM
Max. drainagewaarde	1,17	mm/tijdstap	DM
Grenswaarde opp.afv.	100,00	mm	GW

Neerslagpatronen

Neerslagpatronen

Dagnr.	15*/jaar	1*/jaar	1*/10jaar	1*/25jaar	1*/50jaar	1*/100jaar	Sept.1998	Excl.kl.wz	Excl.kl.wz
								1*/jaar	1*/100jaar
0									
1	3,2	4	4,5	6,9	7,7	8,6	2	3,8	7,8
2	3,2	5	3,9	4,5	5	5,5	2	4,7	5
3	3,2	4,9	12	13,8	15,4	17,2	7	4,6	15,6
4	6,4	12,9	23,2	28,4	31,7	35,4	21,9	12,2	32,2
5	13,3	26,2	39,4	41	45,8	51,2	3,3	24,7	46,5
6	3,2	3,4	7,2	4,1	4,6	5,2	9,6	3,2	4,7
7	3,7	5,4	4,9	5,2	5,9	6,7	20,9	5,1	6,1
8	3,7	5,4	5,6	4,7	5,2	5,8	1,4	5,1	5,3
9	3,2	4,6	3,2	5,2	5,8	6,5	1	4,3	5,9
10	1,1	2,5	5,7	3,8	4,2	4,6	9,4	2,4	4,2
11	0	0	0	0	0	0	8,3	0	0
12	0	0	0	0	0	0	2,3	0	0
13	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0
14	0	0	0	0	0	0	7,9	0	0
15	0	0	0	0	0	0	75,2	0	0
16	0	0	0	0	0	0	26,2	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
18	0	0	0	0	0	0	2,7	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Neerslagen omgezet in twee-uurlijkse waarden

Tijdstap	15*/jaar	1*/jaar	1*/10jaar	1*/25jaar	1*/50jaar	1*/100jaar	Sept.1998	Excl.kl.wz	Excl.kl.wz
								1*/jaar	1*/100jaar
0									
1	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
2	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
3	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
4	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
5	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
6	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
7	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
8	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
9	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
10	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
11	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
12	0,27	0,33	0,38	0,58	0,64	0,72	0,17	0,32	0,65
13	0,27	0,42	0,33	0,38	0,42	0,46	0,17	0,39	0,42
14	0,27	0,42	0,33	0,38	0,42	0,46	0,17	0,39	0,42
15	0,27	0,42	0,33	0,38	0,42	0,46	0,17	0,39	0,42
16	0,27	0,42	0,33	0,38	0,42	0,46	0,17	0,39	0,42
etc									

Bijlage 6 Hydrologisch model bebouwd gebied

Hier volgt een korte beschrijving van een eenvoudig rekenmodel, dat bij het waterschap Zeeuwse Eilanden al jaren gebruikt wordt voor bergingsberekeningen in gedeeltelijk verharde gebieden (bebouwde kom e.d.).

Globale beschrijving model

Het model betreft een simpel bakjesmodel, waarin water van diverse bronnen inkomt en water uitgaat en een benodigde berging berekent zodra de totale toevoer de afvoercapaciteit overschrijdt. Al het oppervlaktewater wordt dus voorgesteld als één bak, waarin alles inkomt en uitgaat.

Dit model kent dus geen numeriek netwerk van waterlopen en berekent dus ook geen waterverplaatsingen van locatie van a naar b en dus evenmin waterstanden in afzonderlijke waterlopen. Omdat er geen rekening wordt gehouden met waterverplaatsingen in een waterlopenstelsel, waarin dus impliciet tijdsverschillen optreden, is dit model in principe alleen geschikt voor kleinere gebieden waar die tijdsverschillen van ondergeschikt belang zijn. Het model is gemaakt voor het berekenen van de benodigde berging in de bebouwde kom, bijvoorbeeld in nieuwe uitbreidingsplannen van gemeenten, waarin een snelle afvoer van verharde en gerioleerde gebieden sterk bepalend kan zijn voor de benodigde berging.

Aanvankelijk wordt alles in mm berekend. Als laatste rekenstap vindt een omrekening plaats naar de benodigde berging in m³ en de benodigd wateroppervlak in m² en in procenten.

De invoergegevens

De invoer van het model bestaat uit de volgende gegevens:

- Neerslagreeks.

Een zelf op te geven neerslagreeks, of een bekende reeds ingevoerde reeks met bekende overschrijdingsfrequenties, bv met T = 10, 25, 50, of 100 jaar.

Er kan een hierop een te kiezen toeslag worden toegekend (bv +10%) vanwege het klimaat effect voor midden 21^e eeuw.

- Verdeling gebiedsoppervlak

Een (geschatte) procentuele verdeling van de verschillende oppervlakten in het beschouwde gebied, verdeeld in:

1. Wateroppervlak (%)
2. oppervlakte onverhard gebied, (%)
3. oppervlakte verhard zonder riolering (%),
4. oppervlakte verhard met riolering zonder berging (%),
5. oppervlakte verhard met gemengd rioolstelsel (rioolberging is 7,0 mm) (%)
6. oppervlakte verhard gebied met verbeterd gescheiden rioolstelsel (%).

- Voor het onverharde gebied (nr 2) moet een **waarde α** worden opgegeven, uit de formule voor de neerslag-afvoerrelatie van De Zeeuw - Hellinga. In de praktijk ligt deze waarde in ons gebied dikwijls dicht bij 0,5. Van het onverharde gebiedsdeel kan desgewenst ook een initiële afvoerintensiteit in mm/d worden opgegeven.

- Parameters verbeterd gescheiden rioolstelsel.

Voor het verbeterd gescheiden rioolstelsel (gebied 6) kan een (afwijkende) waarde worden opgegeven voor pompovercapaciteit en voor berging in het riool. Standaard is POC 0,3 mm/d en 4,0 mm berging.

- Afvoercapaciteit

De capaciteit van het afvoerstelsel moet worden opgegeven (mm/d). Meestal is de gemaalcapaciteit dan de beperkende factor. Standaard is deze gesteld op maximaal 10,1 mm/dag.

Met een te kiezen factor is deze waarde te verhogen.

- Maximaal toegestane peilstijging in waterlopen (m).

Dit is in beginsel het verschil tussen het polderstreefpeil en het laagst maatgevende maaiveldhoogte, dus bv tot aan het niveau waarop een begin van inundatie optreedt.

Het is belangrijk dat dit gegeven zo nauwkeurig mogelijk wordt opgegeven. 10 cm meer of minder toegestane peilstijging maakt veel verschil in de benodigde berging.

- De totale oppervlakte van het beschouwde gebied (ha)

Neerslag-afvoerrelaties

Van de genoemde zes oppervlakten is een neerslagafvoer-relatie gedefinieerd, dat wil zeggen de afvoerintensiteit uit het gebied naar het oppervlaktewater in mm/d.

Voor gebied 1 is dat eenvoudig : $Afvoer = Neerslag \text{ (mm/d)}$

Voor gebied 2 is dat volgens de formule van De Zeeuw-Hellinga, waarin de waarde α dus heel sterk bepalend is. Zie bijlage.

Voor gebied 3 wordt verondersteld dat de neerslag bijna gelijktijdig op het oppervlaktewater komt en dat er hooguit 1 mm op straat blijft liggen, dus $A = N - 1 \text{ (mm/d)}$

Voor gebied 4 is dit gelijk aan gebied 3.

Voor gebied 5 wordt een deel van de neerslag in het riool geborgen (4 mm), 1 mm blijft op straat liggen en een deel door de rioolpomp afgemalen (0,3 mm/u); het restant komt op oppervlaktewater terecht:

$$Q = N - 1 - 4 - (u \times 0,3).$$

Voor gebied 6 (gemengd rioolstelsel) is in dit principe gelijk als bij 5, echter de rioolberging is hier groter (9,0 mm) en de POC is 0,7 mm/u.

Benodigde berging

Al de afvoeren van de zes genoemde deelgebiedjes worden gesommeerd en aan het oppervlaktewater toegevoegd. De berekeningen gaan cumulatief; zowel de aanvoeren naar het oppervlaktewater als de afvoer er uit, worden steeds bijgeteld bij de som van de voorbije dagen. De afvoer uit het oppervlaktewater is uiteraard de maximale afvoercapaciteit of het totaal van de toevoeren, zolang deze som minder is dan de maximum afvoercapaciteit.

Voor elke tijdstap wordt nu het verschil berekend tussen totale cumulatieve aanvoer en de cumulatieve afvoer. Zodra de toevoer groter wordt dan de afvoer wordt voor elke tijdstap een benodigde berging in mm berekend.

De hoogste benodigde berging (mm) is uiteindelijk bepalend. Dit is het totaal van de benodigde berging, dus inclusief wat er al aan berging (mm) in het gebied is.

Vervolgens wordt het benodigde wateroppervlak berekend.

Het model berekent deze als ware alle oppervlaktewateren met loodrechte taluds gemaakt; dus als volgt:

$$(\text{berging (mm)} \times \text{opp gebied (m}^2\text{)}) / \text{max peilstijging (m)} = \text{benodigd wateroppervlak (m}^2\text{)}$$

In dit geval wordt het benodigde wateroppervlak berekend bij een niveau van de halve maximale peilstijging.

Om dat vrijwel alle wateren door de hellende taluds naar boven toe wijder worden is het werkelijke benodigde wateroppervlak op het normale niveau van het streefpeil, dus minder.

Deze relatie tussen wateroppervlak en waterpeil is voor elk gebied weer anders en moet dus afzonderlijk worden bepaald of gemeten.

Aanvulling/correctie

Op het bovengenoemde model heeft een aanpassing plaatsgevonden die betrekking heeft op het onverharde gebied.

Grondwater

In het model ontbreekt het grondwater. Het speelt impliciet wel een rol bij het onverhard gebied doordat gebruik wordt gemaakt van de formule van De Zeeuw - Hellinga. De neerslag die niet direct afgevoerd wordt moet namelijk tijdelijk opgeslagen worden in de bodem. Die hoeveelheid kan

omgerekend worden naar een grondwaterstand. Daarvoor is aan het model de volgende formule toegevoegd:

$GWS(t) = GWS(t-1) - (\text{de neerslag die niet direct afgevoerd wordt} / \text{effectieve porositeit} * \text{het aandeel onverhard gebied})$

Waarin: GWS = de grondwaterstand t.o.v. maaiveld.

Deze formule gaat er vanuit dat het verharde deel van het bebouwd gebied net zo goed meewerkt voor opvang in de bodem als het onverharde deel. De neerslag die in de bodem infiltreert verspreid zich dus snel over de totale oppervlakte.

Onverhard gebied

De afvoer uit onverhard gebied wordt berekend met de formule van De Zeeuw – Hellinga. In die formule moet een reactiefactor α ingevoerd worden. Die factor bepaald de snelheid waarmee de neerslag afgevoerd wordt. Hoe hoger de waarde, hoe sneller het afgevoerd wordt.

In het model wordt tot nu toe uitgegaan van een waarde van 0,5. Volgens het Cultuurtechnisch Vademecum is dat een gemiddelde waarde voor gedraineerde, goed ontwaterde landbouwgrond. Dat blijkt ook uit de resultaten van de berekeningen. Bij een bui die één keer in de honderd jaar voorkomt, stijgt de grondwaterstand slechts 45 centimeter (bij een effectieve porositeit van 5%).

In de huidige situatie zijn de meeste onverharde delen niet gedraineerd. Ook bestaat de indruk dat, bij extreme neerslag, de grondwaterstand in het algemeen meer stijgt dan 45 centimeter. Daarom is in het model de mogelijkheid ingebouwd om te kunnen kiezen tussen wel gedraineerd en niet gedraineerd. Voor gedraineerde delen wordt voor α de waarde 0,5 aangehouden en voor niet gedraineerde delen de waarde 0,1.

Types bebouwd gebied

In het model voor het bebouwd gebied worden tot nu toe 6 types gebied onderscheiden, te weten:

1. open water,
2. onverhard,
3. verhard zonder riolering,
4. verhard met riolering zonder berging
5. verhard met gemengd rioolstelsel
6. verhard met verbeterd gescheiden rioolstelsel

In het model hebben de types 3 en 4 dezelfde uitwerking. Daarom is er voor gekozen om die twee types samen te nemen. Tegelijkertijd is type 2 onderverdeeld in twee subtypes, namelijk 'onverhard, gedraineerd' en 'onverhard, niet gedraineerd'. Voor de tijdelijke berging in de bodem maakt het namelijk veel verschil uit of het onverhard gebied gedraineerd is of niet. En dat is weer van grote invloed op de te verwachten wateroverlast.

De onderscheiden types worden dan als volgt:

1. open water,
2. onverhard, niet gedraineerd
3. onverhard, gedraineerd
4. verhard met afvoer naar oppervlaktewater
5. verhard met gemengd rioolstelsel
6. verhard met verbeterd gescheiden rioolstelsel

Met dit gecorrigeerde model is gerekend.

Bijlage 7 Model voor landbouwschade

(Landbouw) Economische benadering WB21

t.b.v. de

Deelstroomgebiedsvisie

Zeeland

oktober 2002

In opdracht van de Provincie Zeeland

Ontworpen door
Dienst Landelijk Gebied
Zeeland

Rinus Meeuwse
DLG-Zeeland
Postbus 6
4460 AA Goes
tel: 0113-237352
E-mail: M.Meeuwse@dlg.agro.nl



dienst landelijk gebied
voor ontwikkeling en beheer

Inhoudsopgave Economische benadering WB21

1	Algemeen	33
2	Gebruikte methode.....	33
3	Gehanteerde uitgangspunten.....	34
3.1	Welke gewassen en bruto opbrengst	34
3.2	Deelgebieden	34
3.3	Bewortelingsdiepte.....	35
3.4	Wanneer gewas dood	35
3.5	Frequentie “Extreme” neerslag	37
3.6	Kans op extreme neerslag door jaar heen	39
3.7	Model SIWOP (Hydrologisch model landelijk gebied)	39
4	Resultaten	39
5	Conclusie.....	42

Bijlage 1: Voorgestelde bewortelingsdiepte

Bijlage 2: SKOW uit SIWOP

Bijlage 3: Output referentiesituatie en variant “Malen + 1,5 mm/etm en bergen + 0,75 %

1 Algemeen

In deze notitie wordt in het kort ingegaan op de uitgangspunten en de gebruikte gegevens om te komen tot een (landbouw) economische benadering van schade door meer extreme neerslag en eventuele afname van deze schade door bepaalde maatregel. Een aantal onderdelen moeten gezien worden als een eerste verkenning om op termijn te komen tot een meer betrouwbaarder benadering. Bij de in deze notitie genoemde benadering wordt niet alleen uitgegaan van wel of niet inunderen van gronden (landelijke WB21 benadering) maar ook de schade door hoge grondwaterstanden is hierin verwerkt.

Deze uitwerking is, in het kader van het opstellen van de deelstroomgebiedsvisie Zeeland, uitgevoerd door de Dienst Landelijke Gebied in Goes in opdracht van de Provincie Zeeland.

Het is en blijft een benadering.

Wie het beter weet mag het zeggen.

In het tweede hoofdstuk wordt ingegaan op de gebruikte methode, in hoofdstuk drie de gehanteerde uitgangspunten, in hoofdstuk vier de resultaten en in het laatste hoofdstuk een aantal conclusie.

2 Gebruikte methode

Voor het benaderen van de landbouweconomische gevolgen van extreme neerslag is gebruik gemaakt van de zogenaamde SKOW-methode.

Over deze methode heeft HKV en Alterra, in opdracht van de Commissie Waterbeheer 21 (WB21), een rapport uitgebracht. In het kader wordt hierop in het kort ingegaan.

In dat rapport wordt naast de schade door overstroming ook ingegaan op schade door hoge grondwaterstanden.

Ingegaan wordt op schade bij grasland, akkerbouw, hoogwaardige land en tuinbouw, glastuinbouw, stedelijk gebied en natuurgebied.

Oorzaken van schade aan landbouwgewassen zijn: verdrinking, korter groeiseizoen, afname structuur, verminderde stikstof beschikbaarheid, zout water, overstroming.

In de genoemde schademodelering zijn verschillende methoden van benadering van natschade genoemd. Geen van deze methoden geeft op dit moment een goed inzicht in de schade als gevolg van (kort durend) extreem hoog water en overstroming.

In de notitie wordt voorgesteld om een benadering te gebruiken die rekening houdt met schade als gevolg van verminderde aëratie en schade door slechte bewerkbaarheid, bereidbaarheid en late kieming.

Door gebruik te maken van de Som van Overschrijdingen van de kritieke (grond)Waterstands $\times$ cm – mv (SOW_x) is de verminderde bewerking te relateren. Volgens deze zogenaamde SOW-methode wordt de natschade gekoppeld aan de mate waarin en de duur waarover een kritische grondwaterstand wordt overschreden.

Door schade door verdrinking te benaderen worden in de genoemde studie de $SKOW_x$ geïntroduceerd (som van de gekwadrateerde OverschrijdingsWaarden van de kritische grondwaterstand).

Bij de genoemde methode wordt rekening gehouden met verschillende periodes waarin natschade kan optreden, met de grondsoort en soort gewas.

Op het eerste gezicht lijkt beschreven methode een goede benadering. Om deze goed toe te kunnen passen moet wel inzicht zijn in de hoogte van de grondwaterstanden en de overschrijdingduur van de kritische grondwaterstanden. In geval wordt de hoogte van de grondwaterstand en de overschrijdingsduur benaderd met SIWOP (zie hierna). Grondwaterstanden en overschrijdingsduur kan ook met andere modellen worden genaderd; bijvoorbeeld SOBEK.

Omdat we momenteel, in kader van het opstellen van de deelstroomgebiedsvisie, rekenen met periodes waarin meer extreme neerslag voorkomt (en niet een volledig jaar) lijkt het toepassen van alleen de

SKOW-methode (schade door verdrinking) voor de hand te liggen. Aangenomen is dat verdrinking ontstaat wanneer de grondwaterstand binnen de wortelzone komt en dat na een aantal opeenvolgende dagen water aan maaiveld tot 100% schade leidt. Hoe de schade toeneemt is niet echt bekend. Om de schade te kunnen schatten is verondersteld dat de schade door verdrinking is te beschrijven als een kwadratische functie van de overschrijding van de onderkant van de wortelzone. Een dergelijk kwadratische relatie impliceert lage schade bij een kleine overschrijding van de kritieke grondwaterstand. Bij grotere overschrijdingen zal de schade groter zijn.

Voorbeeld:

Uitgangspunt bij dit voorbeeld: dikte wortelzone 40 cm en na drie dagen water in maaiveld is de schade 100%.

- Schade na 3 dagen water in maaiveld: $SKOW_{40} = 3 \times (40)^2 = 4800$ (schade =100%)
- Water 3 dagen 30 cm – maaiveld: $SKOW_{40} = 3 \times (10)^2 = 300$. $300/4800 = 6 \%$ schade
- Water 3 dagen 20 cm – maaiveld: $SKOW_{40} = 3 \times (20)^2 = 1200$. $1200/4800 = 25 \%$ schade
- Water 5 dagen 20 cm – maaiveld: $SKOW_{40} = 5 \times (20)^2 = 2000$. $2000/4800 = 41 \%$ schade

Verskillende gewassen hebben verschillende dikte van de wortelzone. Bij de berekening wordt dit meegenomen.

3 Gehanteerde uitgangspunten

In dit hoofdstuk worden in willekeurige volgorde een aantal onderdelen beschreven met daarbij de gehanteerde uitgangspunten.

3.1 Welke gewassen en bruto opbrengst

Op basis van CBS gegevens 2001 is bepaald hoe het grondgebruik in Zeeland is. De verschillende gewassen zijn samengevoegd om een vereenvoudiging te krijgen. Daarna is er nog een verschuiving doorgevoerd om de situatie 2015 te benaderen. Uiteindelijk resulteert dit in onderstaand voorstel

Tabel: Te hanteren grondgebruik en bruto-opbrengst

Gewassen	Gewas Groep	Bruto opbrengst	Opp % gehele gebied Huidige situatie	Opp % gehele gebied 2015
Gras, braak, graszaad	Gras	€ 1.100	20%	25%
Groente etc.	Tuinbouw	€ 18.200	3%	10%
Fruit	Fruit	€ 11.800	3%	3%
Wintertarwe, wintergerst	wintertarwe	€ 1.400	16%	13%
Zomertarwe/gerst, handelsgewassen (vlas, koolzaad etc.) peulvruchten	Zomergerst	€ 1.400	15%	12%
Aardappelen, uien	Aardappelen	€ 4.300	21%	18%
Bieten, Cichorei	Bieten	€ 3.100	15%	12%
Luzerne, snijmaïs overig	Overig	€ 3.200	7%	7%
	...			

In de tabel is tevens de te hanteren bruto opbrengst weergegeven. Deze opbrengsten zijn gebaseerd op bij DLG gehanteerde actuele schadenormen, en een aantal effectenberekeningen voor Li-projecten.

3.2 Deelgebieden

Voor de verschillende deelgebieden wordt het grondgebruik gedifferentieerd afhankelijk van de abiotische omstandigheden. Het is onlogisch om bijvoorbeeld fruit en andere tuinbouwgewassen in deelgebied laag

te zetten. Voor de hand ligt om in deelgebied laag juist meer gras “toe te delen”, zeker voor de toekomstige situatie (2015). Het resultaat hiervan is weergegeven in de bijgevoegde **bijlage 1**.

3.3 Bewortelingsdiepte

Ook de bewortelingsdiepte wordt per gewas per deelgebied gedifferentieerd zoals weergegeven in **bijlage 1**. In de tabel is tevens te lezen wanneer het gewas op het land staat. De in de bijlage genoemde gegevens zijn gebaseerd op de HELP-tabel, Waternood, Capsim uit SOBEK (Staringreks), nota Alterra/HKV.

3.4 Wanneer gewas dood

Er blijken nagenoeg geen wetenschappelijke gegevens te zijn waarop gebaseerd kan worden na hoeveel dagen een gewas dood gaat indien het water in de bouwvoor tot aan het maaiveld staat.

Tot nu toe is dikwijls een algemeen getal genoemd van 3 dagen. Om toch wat meer naar gewas gedifferentieerde gegevens boven water te krijgen is aan verschillende gewasdeskundigen/bedrijfsvoorlichters bij PPO, DLV en DLG navraag gedaan.

Op basis van die gesprekken zijn (niet altijd wetenschappelijk onderbouwde) conclusies getrokken.

Aardappel is een gewas waar wel enige gegevens van zijn. Onderstaande tabel geeft hiervan een overzicht.

Tabel: Schade aardappel na...dagen water tot aan maaiveld

	Temp 12 gr	Temp 16 gr	Temp 20 gr
Dag 1	0 %	0 %	41 %
Dag 2	5 %	79 %	100 %
Dag 3	49 %	100 %	100 %
Dag 4	100 %	100 %	100 %

Op basis van de tabel kun je concluderen dat voor aardappel uitgegaan kan worden van 2 á 3 dagen. Voor de berekening uitgegaan van **2,5 dagen**.

Bij **uien** is de gevoeligheid voor “watervellen” van belang. Dat is het rotten (bruin worden) van de rokken. Na 1 (a’2) dagen kan er al 10 % van het gewas last hebben van watervellen. Meestal is op dat moment het product niet meer verkoopbaar. Op grond van deze overwegingen de uien in blijven delen bij aardappelen = **2,5 dagen**.

Voor **suikerbieten** is in sept 1998 (12 ° C) op een perceel nagegaan wat de effecten waren van 4 á 5 dagen onder water. De veronderstelling is dat er een zuurstofloosheid opgetreden is van 7 á 8 dagen. Gebleken is dat er afsterving van de wortels was opgetreden maar dat er daarna nieuwe wortels werden aangemaakt. Het gewas was dus niet dood. Er was naar schatting wel een opbrengstverlies te verwachten die gelijk staat aan een groeiperiode van 2 á 3 weken. In het geval van suikerbieten blijven deze na de natte periode waarschijnlijk gewoon oogstbaar. Hoewel vanwege voorgaande het aantal dagen waarschijnlijk hoger kan zijn, op basis van deze uitkomsten er voorlopig toch vanuit gegaan dat het gewas na **8 dagen** dood is.

Wortelen en witlof: Na 2 dagen zal er rotting van de wortelpunten optreden. Bij witlof kan men dan nog wel wat redden door de wortelpunten te verwijderen. Bewaring van dit soort producten is dan niet meer aan de orde. Op basis van dit soort overwegingen lijkt het voor de hand om uit te gaan van 3 á 4 dagen. Voor de berekeningen is uitgegaan van **4 dagen**.

Wintertarwe: Is niet veel over bekend. Als er eenmaal een redelijk gewas op land staat (vanaf half december) is dit gewas waarschijnlijk minder gevoelig. In de eerste periode na zaaien het meest gevoelig. Op basis hiervan gekozen voor **3 dagen** in okt/nov en **8 dagen** vanaf dec.

Zomergerst en andere granen: moeilijk te zeggen. Oogst in augustus, dus normaal genomen geen problemen met extreme neerslag. Ook hier in de eerst periode (maart/april) het meest kwetsbaar (**3 dagen**). Voor overige periode vooralsnog **6 dagen** kiezen

Voor **tuinbouw** (groente etc.) vooralsnog uitgegaan van **4 dagen** in het algemeen en **2,5 dagen** in de eerste periode.

Voor de overige akkerbouw gewassen, die waarschijnlijk iets minder gevoelig zijn dan tuinbouw, vooralsnog uitgegaan van **5 dagen** in het algemeen en **3 dagen** in de begin periode.

Voor **fruit** ligt het heel anders. Er is sprake van twee periodes met veel wortelactiviteit maart-april en sept-okt/nov. In die periodes is de veronderstelling dat er na een week al schade zal zijn. Op basis hiervan gekozen voor het uitgangspunt dat het “gewas” **na 10 dagen** dood zal zijn. Bij meerjarige gewassen zoals fruit is er meer schade dan de eenjarige bruto opbrengst indien het gewas werkelijk dood zal zijn. Aangezien niet te verwachten is dat de genoemde 10 dagen overschreden zal worden (gewas dood komt niet voor) en er dus alleen een schade berekend zal worden die gerelateerd is aan de genoemde 10 dagen mag toch gerekend worden met de jaarlijkse bruto opbrengt.

In de periodes met minder wortelactiviteit kan er (afhankelijk van de grondsoort) doodgaan van bomen optreden als de bomen 1 tot 3 maanden “blank” staan. Op basis hiervan is gekozen om er van uit te gaan dat het gewas **na 25 dagen** dood is indien in de rustperiodes het water in het maaiveld staat.

Voor **grasland** moet er ook een onderscheid gemaakt worden in:

- Schade in het groeiseizoen
- Schade buiten het groeiseizoen (1/11 tot 1/3)

Bij grasland doet het “probleem” zich voor dat het gewas nagenoeg nooit geheel dood gaat er dus nooit een schade van 100% op zal treden. De voor de SKOW-methode gehanteerde getallen moeten daarom gezien worden als een rekenkundige benadering waardoor de berekende schade toch zo veel mogelijk met de werkelijkheid overeenkomt.

Buiten het groeiseizoen kan de situatie vergeleken worden met een ijsbaan. De derving zal vooral in het voorjaar optreden met groeivertraging ca 5 % en de kwaliteit van de grasmat is slechter (ook 5 %) dan gemiddeld. Derving is in totaliteit dan 10 %. De GT is hierbij gelijk gehouden. Dus niet GT II en GT V vergelijken.

Uitgaande van een totale schade van 10 % bij bijvoorbeeld een periode van 10 dagen water in of op het maaiveld kan er voor de berekening uitgegaan worden dat het **gewas na 100 dagen dood** is.

In het groeiseizoen heb je met drie elementen te maken.

- Snedeschade. Een gewassnede die er staat is verloren. Vervuiling, smakelijkheid e.d. zorgt ervoor dat het gewas niet meer oogstbaar is. Gemiddeld 1,5 week per seizoen in een gebied komt overeen met 5 %.
- Grasmata schade. De goede grassen verdwijnen en er komen slechtere voor terug. Kwaliteit ca 5%. Herinzaai kan oplossing zijn maar dan kom je in specifieke omstandigheden uit.
- Groeivertraging door de vernatting van de bodem. Gemiddeld in een gebied zal dit ook een 5 % zijn
- Totaal in het seizoen 15 %. Dit over een gebied, maar per perceel zal dit per situatie verschillende kunnen zijn.

In deze situaties is er van uit gegaan dat het perceel kort (< week) onder water staat. Langer zal ook veel meer effecten in het groeiseizoen opleveren.

Veel schade zal sterk afhangen van de profielopbouw en de doorlatendheid. Ervaringen in uiterwaarden leren dat bij goede doorlaatbaarheid de groei snel weer op gang komt. In komklei achtige omstandigheden is de vertraging veel groter.

Vlakligging van percelen, slenken en derhalve op het perceel achterblijvende water zorgen ook voor versterking van de schade.

Uit bovenstaande is te halen dat de schade circa 15 % is als gedurende 5 dagen het water in of op het maaiveld staat. Omgerekend zal het gewas na **circa 35 dagen** (15 % op 100% = circa 7 x 5 dagen) rekenkundig dood zijn.

Tabel: Te hanteren “gewas na dagen dood”

		Gehele gebied											
Gewas groep	na dgn dood	jan.	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Gras	35 -100	100	100	35	35	35	35	35	35	35	35	100	100
Tuinbouw	2 - 4					2,5	4	4	4	4	4		
Fruit	8 - 20	25	25	10	10	25	25	25	25	10	10	25	25
Wintertarwe	3 - 8	8	8	8	8	8	8	8	8		3	3	8
Zomergerst	3 - 6			3	3	6	6	6	6				
Aardappelen	2,5				2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5			
Bieten	4 - 8				4	4	8	8	8	8	8	8	
Overig	3 - 5				3	3	5	5	5	5			

 Voor extreme neerslag cruciale maanden

De in de tabel “grijs” gemarkeerde maanden zijn met betrekking tot extreme neerslag cruciale maanden. Dat wil niet zeggen dat er in de overige maanden (zomer) geen extreme neerslag kan voorkomen. Echter als de extreme neerslag in de zomer voorkomt zal dit over het algemeen tot veel minder overlast zorgen. Dit komt door:

- Er is in de zomer veel meer berging aanwezig (met name in de bodem);
- Extreme neerslag zal in de zomer maanden meer in de vorm van locale onweersbuien voorkomen en minder als langdurige (meerdere dagen) neerslag over grote gebieden.

Om die reden is voor het benaderen van landbouweconomische effecten uitgegaan van de periode waarin extreme neerslag duidelijke overlast tot gevolg heeft; namelijk het najaar, de winter en de voorjaarssituatie.

3.5 Frequentie “Extreme” neerslag

Door DLG-Zeeland is in samenwerking met de Grontmij een systeemanalyse uitgevoerd voor de Polder Schouwen met behulp van het programma SOBEK. In de genoemde analyse is gebruikgemaakt van neerslag gegevens van Kerkwerve (periode 40 jaar). Ten behoeve van deze studie is voor verschillende frequenties de neerslag hoeveelheid en patroon bepaald en weergegeven in periodes van 10 dagen. Deze neerslag patronen zijn gebaseerd op een analyse van de afvoeren bij verschillende frequenties (DLG-Zeeland, Krijn Dekker). Bijvoorbeeld een in de tabel weergegeven neerslag van 1 x per 10 jaar veroorzaakt een afvoer van 1 x per 10 jaar. Bij de in onderstaande tabel weergegeven getallen is uitgegaan van de veranderingen die in het advies van de commissie 21^e eeuw zijn weergegeven voor het middenscenario 2050.

Tabel : Representatieve (maatgevende) neerslagpatronen in mm/dag.

	Dag no 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frequentie										
1 x per jaar	4,0	5,0	4,9	12,9	26,2	3,4	5,4	5,4	4,6	2,5
1 x per 10 jaar	4,5	3,9	12,0	23,2	39,4	7,2	4,9	5,6	3,2	5,7
1 x per 25 jaar	6,9	4,5	13,8	28,4	41,0	4,1	5,2	4,7	5,2	3,8

1 x per 50 jaar	7,7	5,0	15,4	31,7	45,8	4,6	5,9	5,2	5,8	4,2
1 x per 100 jaar	8,6	5,5	17,2	35,4	51,2	5,2	6,7	5,8	6,5	4,6

3.6 Kans op extreme neerslag door jaar heen

In de eerder genoemde Systeem analyse Schouwen is gebruikgemaakt van neerslag gegevens van Kerkwerpe (periode 40 jaar). Op basis hiervan is een frequentieverdeling gemaakt van de afvoerintensiteiten in de periode najaar, winter en voorjaar (de maanden die voor extreme neerslag het meest relevant zijn). Op basis van de genoemde frequentie verdeling is de kans op voorkomen van meer extreme neerslag in een bepaalde maand benaderd en weergegeven in onderstaande tabel.

Voor een juiste benadering zou de kans van voorkomen per maand per neerslag frequentie bepaald, en in de schade bij die frequentie verwerkt moeten worden. In dit geval is de kans gebaseerd op gegevens van meer dan 1 X per jaar en meer dan 10 X per jaar. De bepaling van de kans per maand op extreme neerslag boven de 1 X per 10 jaar ($T = 25$, $T = 50$ en $T = 100$) is op basis van de aanwezige cijfers minder betrouwbaar. Een andere reden is dat de gegevens tussen de 1 X per jaar en 1 X per 10 jaar voor 90 % doorwerken in de schade gegevens. Als er betere (betrouwbaardere) gegevens zijn over de kans op voorkomen van extremen neerslag per maand, dan houden wij ons aanbevolen.

Tabel: kans op extreme neerslag in (relevante) maand....

	jan	febr	mrt	apr	zomer	sept	okt	nov	dec
Kans	5%	3 %	6 %	6 %	0 % (nvt)	28%	28%	13%	11 %

3.7 Model SIWOP (Hydrologisch model landelijk gebied)

Door de Provincie Zeeland (Andre v d Straat) is een model gemaakt die de relatie tussen de neerslagpatronen, systeemp parameters en de te verwachten wateroverlast (oppervlaktewater en grondwater) inzichtelijk maakt. Dit is gedaan voor gebieden met verschillende kenmerken. Zie voornaderde beschrijving van model SIWOP bijlage 3 van de rapportage werkgroep hydrologie; Aanpak Wateroverlast.

Ten behoeve van de landbouweconomische berekeningen is per deelgebied, per neerslag frequentie, per relevante bewortelingsdiepte de SKOW waarde bepaald. De tabel in **bijlage 2** geeft als voorbeeld de met behulp van model-SIWOP gerekende SKOW “waarden” voor de referentie situatie en voor een variant.

Het gaat voor de referentie situatie en de scenario's om gegeven die betrekking hebben op de situaties $T = 1, 10, 25, 50, 100$.

Grondwaterstandsverloop en dus de SKOW-waarde kan ook met een ander opervlaktewater/grondwater-model worden bepaald.

4 Resultaten

De in het vorige hoofdstuk genoemde uitgangspunten zijn gemodelleerd in een Excel-bestand.

De resultaten worden voor de “huidige situatie” en een “variant” weergegeven in schades (opbrengst vermindering) **per jaar** in % en in **Euro's**:

- Per neerslag frequentie (1 X per 1, 10, 25, 50 en 100 jaar)
- Per deelgebied (laag, middellaag, middelhoog en hoog);
- Per gewas;
- Per maand, indien de extreme neerslag valt in de betreffende maand;
- Totaal, rekening houdend met de kans per maand op voorkomen van extreme neerslag.

Voor een “variant” worden de bovengenoemde resultaten tevens weergegeven als schade verandering (als gevolg van de bij de variant behorende maatregel) t.o.v. de referentie (=“huidige”) situatie.

Daarnaast wordt voor de variant weergegeven:

- Rendement (Interne Rentervoet) van de investeringen;
- Terugverdientijd in jaren

- Jaarlijkse kosten volgens annuïteitberekening

Ten behoeve van de kosten en rendement berekening bestaat de mogelijkheid om gegevens in te voeren als: éénmalige investeringen toekomstige investeringen, verandering in jaarlijkse onderhoudskosten etc., rente %, oppervlakte en duur waarop de investeringen en effecten betrekking hebben.

Als voorbeeld wordt in de volgende tabel de schade per jaar in % en in euro's per gewas per maand voor de referentie situatie bij **T = 10** voor deelgebied **middellaag** weergegeven indien de betreffende extreme bui in die maand valt.

Tabel: Schade gebied middellaag bij neerslag van 1 x per 10 jaar indien de betreffende bui in die maand valt.

REF-T=10

		Deelgebied Laag (ML): schade percentage per gewas per maand												
gewas groep	Bruto opbrengst	ML	Opp percentage: 44%											
		Opp. %	jan.	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Gras	€ 1.100	22%	3%	3%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	3%	3%
Tuinbouw	€ 18.200	6%					96%	68%	76%	76%	76%	76%		
Fruit	€ 11.800	2%	14%	14%	34%	34%	14%	14%	14%	34%			14%	14%
winterarwe	€ 1.400	14%	38%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%		80%	90%	38%
Zomergerst	€ 1.400	13%			80%	90%	57%	57%	57%					
Aardappelen	€ 4.300	21%				96%	100%	100%	100%	100%	100%			
Bieten	€ 3.100	14%				60%	68%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	
Overig	€ 3.200	8%				80%	90%	61%	61%	61%	61%			
...	€ -													
...	€ -													
...	€ -													
Totaal oppervlakte percentage		100%												
Schade percentage per maand			6,2%	6,8%	18,7%	54,9%	58,7%	51,1%	51,6%	51,6%	38,7%	24,0%	19,4%	6,2%
Schade per ha in Euro per maand		€ 113	€ 122	€ 327	€ 1.676	€ 2.710	€ 2.217	€ 2.305	€ 2.305	€ 2.167	€ 1.266	€ 399	€ 113	

Toelichting:

Bovenstaande tabel geeft het resultaat te zien per maand. Dat wil zeggen als de genoemde extreme neerslag in die betreffende maand valt. Valt de betreffende neerslag in een andere maand dan heb je uiteraard een ander schadebedrag. Het verschil in schade per maand is een gevolg van de variatie in aanwezigheid en gevoeligheid van verschillende gewassen. In het voorgaande is reeds weergegeven dat de berekeningen op de najaars-, winter- en voorjaarssituatie betrekking hebben. De getallen die bij de zomer (mei t/m augustus) vermeld staan zullen over algemeen niet gehanteerd worden.

Om van de uitkomsten bij de verschillende neerslagfrequenties (1 X per 1, 10, 25, 50 en 100 jaar) te komen tot een gem. gewogen schadebedrag per jaar wordt er een bepaalde omrekening toegepast. In onderstaande tabel wordt dit weergegeven.

Tabel: Omrekening schade van verschillende frequenties naar een gemiddelde per jaar

90 van de 100 jaar gem. depressie van T = 1 en T = 10
6 van de 100 jaar gem. depressie van T = 10 en T = 25
2 van de 100 jaar gem. depressie van T = 25 en T = 50
2 van de 100 jaar gem. depressie van T = 50 en T = 100

Door nu ook de kans op neerslag door het jaar heen in de berekening te verwerken (zie hoofdstuk 3.6) komen we tot een gewogen gemiddelde "werkelijke" schade per jaar.

De navolgende tabel geeft de gemiddeld gewogen schade per **jaar** in % en in **euro's** per **gewas** per **maand** en **totaal** voor het gehele gebied.

"Werkelijke" schade per gewas in % en euro's op basis van kans op extreme neerslag per maand

			Gehele gebied: schade percentage per gewas per maand													
gewas groep	Bruto opbrengst	Opp % gehele gebied	Totaal	Opp percentage: 100%												
			Opp. %	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
Gras	€ 1.100	25%	25%	0.1%	0.1%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	2.1%	0.3%	0.3%	5,8%
Tuinbouw	€ 18.200	10%	10%					0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.0%	9.0%			18,1%
Fruit	€ 11.800	3%	3%	0.4%	0.2%	1.1%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	5.3%	1.0%	0.8%	15,3%
wintertarwe	€ 1.400	13%	13%	1.1%	0.7%	1.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		9.8%	5.2%	2.3%	22,0%
Zomergerst	€ 1.400	12%	12%			2.1%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					4,7%
Aardappelen	€ 4.300	18%	18%				2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%				16,7%
Bieten	€ 3.100	12%	12%				1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.0%	7.0%	3.3%		19,1%
Overig	€ 3.200	7%	7%				2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.5%				11,7%
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
Totaal oppervlakte percentage			100%													
Schade percentage per maand				0,2%	0,1%	0,6%	1,4%					5,7%	3,7%	1,2%	0,4%	13,3%
Schade per ha in Euro per maand				€ 4	€ 2	€ 11	€ 42	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 347	€ 233	€ 26	€ 8	€ 673

Toelichting:

Bovengenoemde tabel geeft resultaten per maand en totaal. Het percentage van 13,3 % en 673 Euro in de laatste kolom geeft de "werkelijke" schade weer per ha per jaar als gevolg van extreme neerslag (neerslag van 1 X per 1, 10, 25, 50 en 100 jaar)

Door nu allerlei varianten door te rekenen kunnen de effecten t.o.v. de referentie situatie worden bepaald.

Onderstaande tabel geeft een beeld van de werkelijke schade verandering als gevolg van een variant met

"Werkelijke" schade vermindering per gewas in % en euro's op basis van kans op extreme neerslag per maand

			Gehele gebied: schade percentage per gewas per maand													
gewas groep	Bruto opbrengst	Opp % gehele gebied	Totaal	Opp percentage: 100%												
			Opp. %	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
Gras	€ 1.100	25%	25%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.1%	0.1%	1.2%
Tuinbouw	€ 18.200	10%	10%					0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%			0.2%
Fruit	€ 11.800	3%	3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.6%
wintertarwe	€ 1.400	13%	13%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.1%	0.0%	0.2%	0.6%
Zomergerst	€ 1.400	12%	12%			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					0.0%
Aardappelen	€ 4.300	18%	18%				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					0.0%
Bieten	€ 3.100	12%	12%				0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.2%		1.2%
Overig	€ 3.200	7%	7%				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%				0.5%
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					

1,5 mm/etm extra gemaal capaciteit en 0,75 % extra berging.

Toelichting:

De laatste kolom onder totaal geeft de totale schadeverandering als gevolg van de maatregelen behorende bij de variant. In dit geval gaat het om een schade vermindering van 0,6 % wat neerkomt op 16 Euro per ha per jaar. Linksonder is het rendement (3,1 %) van de investeringen de terugverdientijd (25 jaar). Daarnaast zijn de kosten weergegeven op basis waarvan het rendement is bepaald..

"Werkelijke" rendement van investering in % (IR) en terugverdientijd in jaren (excl.rente) op basis van kans op extreme neerslag per maand

Totale gebied	Totaal
Interne Rentevoet (IR)	3,1%
Terugverdientijd in jr. excl. rente (inv./jaarl.baten)	25

41

Interne rentevoet is gebaseerd op:	
Investering in jaar 0 (euro)	€ 62.500.000
Contant gemaakt investeringen komende jaren(Euro)	€ -
Opp. waarop investering betrekking heeft in ha.	156000
Investering per jaar per ha in jaar 0 t.b.v. IR (Euro)	€ 401
Verandering jaarlijkse kosten (onderhoud etc) per ha	€ -
Duur effecten van invest. en IR gebaseerd op (jaren)	50

Op bovenstaande wijze zijn alle varianten doorgerekend.

In de **bijlage 3** is een output weergegeven van de referentiesituatie en een variant met 1,5 mm/etm extra gemaal capaciteit en 0,75 % extra berging

5 Conclusie

Terugkijkend naar voorgaande hoofdstukken en de ervaring die op dit moment is opgedaan volgen hieronder een aantal conclusies/aandachtspunten:

- De in dit rapport beschreven benadering van de landbouweconomische effecten is niet in de volle breedte wetenschappelijk onderbouwd. Voordeel is wel dat in dit systeem ook de effecten van (langduriger) hoge grondwaterstanden in de berekening wordt meegenomen. Tot nu toe wordt bij de landelijke normering in kader van WB21 alleen wel of niet inundatie meegenomen wat zeker in het zuidwestelijk kleigebied maar een fractie is van het werkelijke probleem.
- Over het algemeen bestaat het gevoel dat de uitkomsten in schade iets aan de hoge kant zijn. Het model is echter zeker geschikt om inrichtingsvarianten door te rekenen en te vergelijken.
- Het lijkt ingewikkeld en omvangrijk, maar nu de berekening in een Excel bestand zit maakt het niets meer uit. De PC rekent wel.
- Met name bij het uitgangspunt "gewas dood nadagen" en "de kans op extreme neerslag door het jaar" zouden nog beter onderbouwde gegevens welkom zijn
- Wie wil hier verder op doorgaan.
- Graag reacties

18-5-02

Rinus Meeuwse

DLG-Zeeland

Postbus 6

4460 AA Goes

tel: 0113-237352

E-mail: M.Meeuwse@dlq.agro.nl

Bijlage 1: Voorgestelde bewortelingsdiepte

				Deelgebied Laag (L): grondgebruik en bewortelingsdiepte per maand												
				L	Opp percentage: 20%											
gewas	na dgn dood	saldo	Opp % gehele gebied	Opp. %	jan.	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Gras	35 - 100	€ 1.100	25%	65%	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Tuinbouw	2 - 4	€ 18.200	10%	2%					20	30	30	30	30	30		
Fruit	10 - 25	€ 11.800	3%	1%	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
wintertarwe	3 - 8	€ 1.400	13%	7%	30	30	30	30	30	30	30	30		20	20	30
Zomergerst	3 - 6	€ 1.400	12%	7%			20	20	30	30	30	30				
Aardappelen	2,5	€ 4.300	18%	7%				20	30	30	30	30	30			
Bieten	4 - 8	€ 3.100	12%	7%				20	30	30	30	30	30	30	30	
Overig	3 - 5	€ 3.200	7%	4%				20	30	30	30	30	30			
***			0%													
***			0%													
***			0%													
Totaal				100%	100%											

				Deelgebied Laag (ML): grondgebruik en bewortelingsdiepte per maand												
				ML	Opp percentage: 44%											
gewas	na dgn dood	saldo	Opp % gehele gebied	Opp. %	jan.	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Gras	35 - 100	€ 1.100	25%	22%	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Tuinbouw	2 - 4	€ 18.200	10%	6%					20	30	40	40	40	40		
Fruit	10 - 25	€ 11.800	3%	2%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
wintertarwe	3 - 8	€ 1.400	13%	14%	40	50	50	50	50	50	50	50		20	30	40
Zomergerst	3 - 6	€ 1.400	12%	13%			20	30	50	50	50	50				
Aardappelen	2,5	€ 4.300	18%	21%				20	30	40	40	40	40			
Bieten	4 - 8	€ 3.100	12%	14%				20	30	50	50	50	50	50	50	
Overig	3 - 5	€ 3.200	7%	8%				20	30	40	40	40	40			
***			0%													
***			0%													
***			0%													
Totaal				100%	100%											

Bijlage 1: Voorgestelde bewortelingsdiepte (vervolg)

				Deelgebied Laag (MH): grondgebruik en bewortelingsdiepte per maand												
				MH	Opp percentage:			25%								
gewas	na dgn dood	saldo	Opp % gehele gebied	Opp. %	jan.	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Gras	35 - 100	€ 1.100	25%	8%	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Tuinbouw	2 - 4	€ 18.200	10%	19%					20	40	50	50	50	50		
Fruit	10 - 25	€ 11.800	3%	5%	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
wintertarwe	3 - 8	€ 1.400	13%	15%	50	60	60	60	60	60	60	60		20	30	50
Zomergerst	3 - 6	€ 1.400	12%	13%			20	40	60	60	60	60				
Aardappelen	2,5	€ 4.300	18%	20%				20	40	50	50	50	50			
Bieten	4 - 8	€ 3.100	12%	12%				20	40	60	60	60	60	60	60	
Overig	3 - 5	€ 3.200	7%	8%				20	40	50	50	50	50			
***			0%													
***			0%													
***			0%													
Totaal				100%	100%											

				Deelgebied Laag (H): grondgebruik en bewortelingsdiepte per maand												
				H	Opp percentage:			11%								
gewas	na dgn dood	saldo	Opp % gehele gebied	Opp. %	jan.	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Gras	35 - 100	€ 11.00	25%	5%	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Tuinbouw	2 - 4	€ 18.200	10%	20%					20	40	60	60	60	60		
Fruit	10 - 25	€ 11.800	3%	6%	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
wintertarwe	3 - 8	€ 1.400	13%	15%	60	70	70	70	70	70	70	70		20	30	50
Zomergerst	3 - 6	€ 1.400	12%	14%			20	40	70	70	70	70				
Aardappelen	2,5	€ 4.300	18%	21%				20	40	50	50	50	50			
Bieten	4 - 8	€ 3.100	12%	13%				20	40	70	70	70	70	70	70	
Overig	3 - 5	€ 3.200	7%	6%				20	40	60	60	60	60			
***			0%													
***			0%													
***			0%													
Totaal				100%	100%											

Bijlage 2: SKOW uit SOWOP (Referentie situatie en situatie met 1,5 mm/etm extra gemaal capaciteit en 0,75 % extra berging

Aanduiding deelgebied en bewortelingsdiepte																				
	L20	L30	L40	ML20	ML30	ML40	ML50	MH20	MH30	MH40	MH50	MH60	MH70	H20	H30	H40	H50	H60	H70	H80
	3	4	5	8	9	10	11	14	15	16	17	18	19	0	0	0	0	0	57	671
REF-T=1	321	967	2274	0	55	367	1294	0	0	0	65	524	1900	0	52	398	1323	3120	6108	10518
REF-T=10	2081	4963	9295	958	2431	4842	8493	399	1202	2707	5155	8841	14003	71	389	1186	2725	5306	9180	14574
REF-T=25	2633	6098	11170	1160	2923	5791	10002	735	1933	3971	7114	11601	17642	493	1416	3102	5818	9792	15225	22336
REF-T=50	3257	7490	13640	1391	3581	7129	12203	900	2313	4680	8264	13271	19904	896	2341	4776	8426	13473	20108	28545
REF-T=100	3995	9145	16591	1638	4150	8116	13743	1041	2654	5339	9334	14823	22002							
														0	0	0	0	0	57	671
Var-T=1	321	967	2274	0	55	367	1294	0	0	0	65	524	1900	0	52	398	1323	3120	6108	10518
Var-T=10	1294	3202	6237	957	2428	4836	8484	399	1202	2707	5155	8841	14003	71	389	1186	2725	5306	9180	14574
Var-T=25	2075	4906	9159	989	2500	5004	8776	735	1933	3971	7114	11601	17642	493	1416	3102	5818	9792	15225	22336
Var-T=50	2772	6398	11700	1374	3459	6787	11552	900	2313	4680	8263	13271	19904	896	2341	4776	8426	13473	20108	28545
Var-T=100	3359	7715	14050	1637	4148	8097	13642	1041	2654	5338	9332	14821	22000	0	0	0	0	0	57	671

Bijlage 3: Output met referentiesituatie en variant met 1,5 mm/etm extra gemaal capaciteit en 0,75 % extra berging

Variant: RBS-2050 vs. Malen + 1,5mm + Bergen + 0,75% (in LA)

In opdracht van Provincie Zeeland, ontworpen door DLG-Zeeland

Invaldatum: 24-6-2002

Model voor Berekening van:

Schade door extreme neerslag (T= 1, 10, 25, 50, 100 (= 1 x perjaar))

Schade verandering door maatregelen

Rendement van investeringen



Vragen/Opmerkingen: © Rinus Meeuwse, DLG-Goes
tel: 0113-344046
E-mail: M.Meeuwse@dlg.agro.nl

Toelichting:

In dit model wordt de schade door verdrinking bij (meer)extreme neerslag benaderd m.b.v. de SKOW-methode (som van de geKwadrateerde OverschrijdingsWaarden van de kritische grondwaterstand). Per gewas is bepaald wat de bewortelingsdiepte is en per gewas het aantal dagen dat water in het maaiveld kan staan voordat het gewas dood is. Met behulp van modelberekeningen kan inzicht verkregen worden in de hoogte van de grondwaterstanden en de overschrijdingduur van de kritische grondwaterstanden. Aangenomen is dat verdrinking ontstaat wanneer de grondwaterstand binnen de wortelzone komt en dat na een aantal opeenvolgende dagen water aan maaiveld tot 100% schade leidt. Hoe de schade toeneemt is niet echt bekend. Om de schade te kunnen schatten is verondersteld dat de schade door verdrinking is te beschrijven als een kwadratische functie van de overschrijding van de onderkant van de wortelzone. Een dergelijk kwadratische relatie impliceert lage schade bij een kleine overschrijding van de kritieke grondwaterstand. Bij grotere overschrijdingen zal de schade groter zijn.

Voorbeeld:

Uitgangspunt bij dit voorbeeld: dikte wortelzone 40 cm en na drie dagen water in maaiveld is de schade 100%.

? Schade na 3 dagen water in maaiveld: $SKOW_{40} = 3 \times (40)^2 = 4800$ (schade=100%)

? Water 3 dagen 30 cm – maaiveld: $SKOW_{40} = 3 \times (10)^2 = 300$. $300/4800 = 6\%$ schade

? Water 3 dagen 20 cm – maaiveld: $SKOW_{40} = 3 \times (20)^2 = 1200$. $1200/4800 = 25\%$ schade

? Water 5 dagen 20 cm – maaiveld: $SKOW_{40} = 5 \times (20)^2 = 2000$. $2000/4800 = 41\%$ schade

Verschillende gewassen hebben verschillende dikte van wortelzone en verschillende gevoeligheid voor verdrinking (na ...dagen dood). Bij de berekening wordt dit meegenomen.

De uitkomsten zijn gebaseerd op een periode van 100 jaar met daarin de verschillende "extreme" neerslag hoeveel heden met frequenties van 1 x per 1, 10, 25, 50 en 100 jaar.

De gegevens zijn terug gerekent naar jaarlijkse opbrengsten en/of opbrengst veranderingen uitgedrukt in % en in euro's en weergegeven per maand indien de extreme neerslag in die maand voorkomt. Na het vaststellen van de kans per maand van extreme neerslag is de "werkelijke" schade en schade verandering als gevolg van maatregelen weergegeven. Ook het rendement van de investeringen is hierna bepaald.

Bijlage 3: (vervolg) Output met referentiesituatie en variant met 1,5 mm/etm extra gemaal capaciteit en 0,75 % extra berging

Huidige schade per deelgebied in % en euro's indien extreme neerslag valt in maand.....

Voor extreme neerslag minder relevante maanden

Deelgebied	Schade afname in:	Opp. % deelgeb.	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
L	%		5,7%	5,7%	15,1%	27,1%	28,4%	26,6%	26,6%	26,6%	19,5%	16,4%	10,4%	5,7%
	Euro	20%	€ 90	€ 90	€ 232	€ 666	€ 910	€ 846	€ 846	€ 846	€ 771	€ 531	€ 210	€ 90
ML	%		3,7%	4,3%	11,1%	31,4%	34,3%	31,2%	31,6%	31,6%	23,3%	14,3%	11,5%	3,7%
	Euro	44%	€ 69	€ 78	€ 198	€ 952	€ 1.538	€ 1.327	€ 1.394	€ 1.394	€ 1.305	€ 766	€ 243	€ 69
MH	%		2,7%	3,2%	6,6%	16,8%	24,9%	25,0%	26,0%	26,0%	20,5%	12,3%	6,7%	2,7%
	Euro	25%	€ 76	€ 83	€ 187	€ 535	€ 1.509	€ 1.533	€ 1.719	€ 1.719	€ 1.699	€ 1.276	€ 169	€ 76
H	%		1,3%	1,7%	2,4%	3,9%	6,9%	9,7%	11,5%	11,5%	8,5%	5,0%	2,0%	1,0%
	Euro	11%	€ 44	€ 50	€ 98	€ 137	€ 268	€ 469	€ 786	€ 786	€ 784	€ 633	€ 76	€ 40

Huidige schade totale gebied per gewas in % en euro's indien extreme neerslag valt in maand

			Gehele gebied: schade percentage per gewas per maand												
			Totaal	Opp percentage: 100%											
gewas groep	Bruto opbrengst	Opp % gehele gebied	Opp. %	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Gras	€ 1.100	25%	25%	2.6%	2.6%	7.4%	7.4%	7.4%	7.4%	7.4%	7.4%	7.4%	7.4%	2.6%	2.6%
Tuinbouw	€ 18.200	10%	10%					29.1%	26.2%	32.3%	32.3%	32.3%	32.3%		
Fruit	€ 11.800	3%	3%	7.6%	7.6%	19.0%	19.0%	7.6%	7.6%	7.6%	7.6%	19.0%	19.0%	7.6%	7.6%
winterlarwe	€ 1.400	13%	13%	21.2%	24.5%	24.5%	24.5%	24.5%	24.5%	24.5%	24.5%		35.0%	39.8%	20.9%
Zomergerst	€ 1.400	12%	12%			35.5%	42.5%	32.8%	32.8%	32.8%	32.8%				
Aardappelen	€ 4.300	18%	18%				39.9%	46.8%	51.2%	51.2%	51.2%	51.2%			
Bieten	€ 3.100	12%	12%				29.2%	35.0%	25.1%	25.1%	25.1%	25.1%	25.1%	25.1%	
Overig	€ 3.200	7%	7%				36.6%	44.2%	34.0%	34.0%	34.0%	34.0%			
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
Totaal oppervlakte percentage			100%												
Schade percentage per maand				3,6%	4,0%	9,8%	23,9%	27,7%	26,4%	27,0%	27,0%	20,2%	13,2%	9,0%	3,6%
Schade per ha in Euro per maand				€ 72	€ 78	€ 191	€ 701	€ 1.265	€ 1.188	€ 1.299	€ 1.299	€ 1.240	€ 832	€ 199	€ 72

	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei (*)	jun (*)	jul (*)	aug (*)	sep	okt	nov	dec	Totaal
Kans per maand op extreme neerslag	5%	3%	6%	6%	0%	0%	0%	0%	28%	28%	13%	11%	100%

*) Zomersituatie buiten beschouwing gelaten vanwege: minder kans op langdurige extremen, meer berging, input grondwatermodel gebaseerd op winter.

"Werkelijke" schade per deelgebied in % en euro's op basis van kans op extreme neerslag per maand

Deelgebied	Schade afname in:	Opp. % deelgeb.	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
L	%		0,3%	0,2%	0,9%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,5%	4,6%	1,4%	0,6%	15,0%
	Euro	20%	€ 4	€ 3	€ 14	€ 40	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 216	€ 149	€ 27	€ 10	€ 463
ML	%		0,2%	0,1%	0,7%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,5%	4,0%	1,5%	0,4%	15,3%
	Euro	44%	€ 3	€ 2	€ 12	€ 57	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 366	€ 214	€ 32	€ 8	€ 694
MH	%		0,1%	0,1%	0,4%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,7%	3,4%	0,9%	0,3%	12,0%
	Euro	25%	€ 4	€ 2	€ 11	€ 32	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 476	€ 357	€ 22	€ 8	€ 913
H	%		0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	1,4%	0,3%	0,1%	4,7%
	Euro	11%	€ 2	€ 2	€ 6	€ 8	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 220	€ 177	€ 10	€ 4	€ 429

"Werkelijke" schade per gewas in % en euro's op basis van kans op extreme neerslag per maand

			Gehele gebied: schade percentage per gewas per maand													
			Totaal	Opp percentage: 100%												
gewas groep	Bruto opbrengst	Opp % gehele gebied	Opp. %	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
Gras	€ 1.100	25%	25%	0.1%	0.1%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	2.1%	0.3%	0.3%	5,8%
Tuinbouw	€ 18.200	10%	10%					0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.0%	9.0%			18,1%
Fruit	€ 11.800	3%	3%	0.4%	0.2%	1.1%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	5.3%	1.0%	0.8%	15,3%
winterlarwe	€ 1.400	13%	13%	1.1%	0.7%	1.5%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		9.8%	5.2%	2.3%	22,0%
Zomergerst	€ 1.400	12%	12%			2.1%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					4,7%
Aardappelen	€ 4.300	18%	18%				2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%				16,7%
Bieten	€ 3.100	12%	12%				1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.0%	7.0%	3.3%		19,1%
Overig	€ 3.200	7%	7%				2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.5%				11,7%
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
Totaal oppervlakte percentage			100%													
Schade percentage per maand				0,2%	0,1%	0,6%	1,4%					5,7%	3,7%	1,2%	0,4%	13,3%
Schade per ha in Euro per maand				€ 4	€ 2	€ 11	€ 42	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 347	€ 233	€ 26	€ 8	€ 673

Bijlage 3: (vervolg) Output met referentiesituatie en variant met 1,5 mm/etm extra gemaal capaciteit en 0,75 % extra berging

Schade vermindering door maatregelen variant: RBS-2050 vs. Malen + 1,5mm + Bergen + 0,75% (in LA)

Schade vermindering per deelgebied in % en euro's indien extreme neerslag valt in maand.....

Deelgebied	Schade afname in:	Opp. % deelgeb.	jan.	feb.	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
L	%		1,6%	1,6%	2,9%	3,5%	4,3%	5,5%	5,5%	5,5%	3,6%	3,0%	1,6%	1,6%
	Euro	20%	€ 25	€ 25	€ 45	€ 65	€ 65	€ 118	€ 118	€ 118	€ 97	€ 80	€ 40	€ 25
ML	%		0,1%	0,1%	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%
	Euro	44%	€ 1	€ 1	€ 3	€ 7	€ 7	€ 11	€ 10	€ 10	€ 9	€ 9	€ 2	€ 1
MH	%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Euro	25%	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
H	%						0,0%	0,0%	0,0%	0,0%				
	Euro	11%	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -

Schade vermindering totale gebied per gewas in % en euro's indien extreme neerslag valt in maand

			Gehele gebied: schade percentage per gewas per maand												
			Totaal	Opp percentage: 100%											
gewas groep	Bruto opbrengst	Opp % gehele gebied	Opp. %	jan.	feb.	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Gras	€ 1.100	25%	25%	0.5%	0.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	0.5%	1%
Tuinbouw	€ 18.200	10%	10%					0.0%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%		
Fruit	€ 11.800	3%	3%	0.3%	0.3%	0.8%	0.8%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.8%	0.8%	0.3%	0%
winterarwe	€ 1.400	13%	13%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%		0.3%	0.2%	2%
Zomergerst	€ 1.400	12%	12%			0.3%	0.2%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%				
Aardappelen	€ 4.300	18%	18%				0.1%	0.9%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%	
Bieten	€ 3.100	12%	12%				1.3%	0.2%	1.8%	1.8%	1.8%	1.8%			
Overig	€ 3.200	7%	7%				0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				
Totaal oppervlakte percentage			100%												
Afname Schade percentage per maand				0,3%	0,3%	0,6%	0,8%	1,0%	1,2%	1,2%	1,2%	0,8%	0,7%	0,4%	0,3%
Afname Schade per ha in Euro per maand				€ 5	€ 5	€ 10	€ 16	€ 16	€ 29	€ 28	€ 28	€ 24	€ 20	€ 9	€ 5

Rendement van investering in % (IR) en terugverdientijd in jaren (excl.rente) indien extreme neerslag valt in maand

Totale gebied	jan.	feb.	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Interne Rentevoet (IR)	negatief	negatief	negatief	1,7%	1,7%	4,8%	4,8%	4,8%	3,7%	2,8%	negatief	negatief
Terugverdientijd in jr, excl. rente (Inv./jaar.baten)	101	100	52	33	33	19	19	19	23	27	59	101

	jan.	feb.	mrt	apr	mei (*)	jun (*)	jul (*)	aug (*)	sep	okt	nov	dec	Totaal
Kans per maand op extreme neerslag	5%	3%	6%	6%	0%	0%	0%	0%	28%	28%	13%	11%	100%

*) Zomersituatie buiten beschouwing gelaten vanwege: minder kans op langdurige extremen, meer berging, input grondwatermodel gebaseerd op winter,

"Werkelijke" schade vermindering per deelgebied in % en euro's op basis van kans op extreme neerslag per maand

Deelgebied	Schade afname in:	Opp. % deelgeb.	jan.	feb.	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
L	%		0,1%	0,0%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,8%	0,2%	0,2%	2,7%
	Euro	20%	€ 1	€ 1	€ 3	€ 4	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 27	€ 22	€ 5	€ 3	€ 66
ML	%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%
	Euro	44%	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 3	€ 3	€ 0	€ 0	€ 6
MH	%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Euro	25%	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ -	€ -	€ -	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
H	%						0,0%	0,0%	0,0%	0,0%					
	Euro	11%	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -

"Werkelijke" schade vermindering per gewas in % en euro's op basis van kans op extreme neerslag per maand

			Gehele gebied: schade percentage per gewas per maand													
			Totaal	Opp percentage: 100%												
gewas groep	Bruto opbrengst	Opp % gehele gebied	Opp. %	jan.	feb.	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
Gras	€ 1.100	25%	25%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.1%	0.1%	1.2%
Tuinbouw	€ 18.200	10%	10%					0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%			0.2%
Fruit	€ 11.800	3%	3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.6%
wintertarwe	€ 1.400	13%	13%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.1%	0.0%	0.2%	0.6%
Zomergerst	€ 1.400	12%	12%			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					0.0%
Aardappelen	€ 4.300	18%	18%				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					0.0%
Bieten	€ 3.100	12%	12%				0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.2%		1.2%
Overig	€ 3.200	7%	7%				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%				0.5%
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
...	€ -							0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
Totaal oppervlakte percentage			100%					0.0%	0.0%	0.0%	0.0%					
Schade vermindering percentage per maand				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.6%
Schade vermindering per ha in Euro per maand				€ 0	€ 0	€ 1	€ 1	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 7	€ 6	€ 1	€ 1	€ 16

"Werkelijke" rendement van investering in % (IR) en terugverdientijd in jaren (excl.rente) op basis van kans op extreme neerslag per maand

Totale gebied	Totaal
Interne Rentevoet (IR)	3,1%
Terugverdientijd in jr, excl. rente (Inv./jaar.baten)	25

Interne rentevoet is gebaseerd op:	
Investering in jaar 0 (euro)	€ 62.500.000
Contant gemaakt investeringen komende jaren (Euro)	€ -
Opp. waarop investering betrekking heeft in ha.	156000
Investering per jaar per ha in jaar 0 t.b.v. IR (Euro)	€ 401
Verandering jaarlijkse kosten (onderhoud etc) per ha	€ -
Duur effecten van invest. en IR gebaseerd op (jaren)	50

Bijlage 8 Uitgangspunten bepaling ruimte en kosten

Deze bijlage bevat de uitgangspunten die gehanteerd zijn bij het bepalen van de effecten van verschillende scenario's om wateroverlast te voorkomen.

Eerst wordt ingegaan op het bepalen van de bepaling van de benodigde oppervlakte voor berging afvoercapaciteit. Daarna wordt ingegaan op de uitgangspunten voor het bepalen van de Kosten

Van SIWOP naar oppervlaktes voor berging en afvoercapaciteit

SIWOP levert als resultaat een hoeveelheid noodzakelijke berging, uitgedrukt in mm's over de totale oppervlakte van het betreffende gebied of in een percentage van de oppervlakte, nodig voor oppervlaktewaterberging (uitgerekend bij een bepaalde peilstijging).

Ook voor extra afvoercapaciteit is grond nodig. De afvoercapaciteit van de waterlopen moet afgestemd zijn op de afvoercapaciteit van het gemaal. Bij een vergroting van de gemaalcapaciteit moeten dus ook de waterlopen worden vergroot. In het kader hieronder staat beschreven hoe dat wordt berekend.

Uitgaande van de extra berging, uitgedrukt in een percentage, en de extra afvoercapaciteit, uitgedrukt in mm/dag, is de totale noodzakelijk oppervlakte berekend door het percentage te vermenigvuldigen met de totale oppervlakte van het gebied (156.000 ha landelijk gebied en 20.000 ha bebouwd gebied in 2050) en de extra afvoercapaciteit te vermenigvuldigen met 50 ha per mm/dag voor het landelijk gebied en 5 ha per mm/dag voor het bebouwd gebied. Dat geldt dus voor berging in open water.

Als de extra berging gerealiseerd wordt door de aanleg van natuurvriendelijke oevers, dan is extra oppervlakte nodig, omdat de extra berging dan bereikt wordt door een flauwer talud. Dat betekent dat de totale extra breedte aan maaiveld niet over de gehele hoogte meewerkt. Aangenomen is dat voor berging in de vorm van natuurvriendelijke oevers 50% meer oppervlakte nodig is dan voor berging in open water.

Tot slot is er nog de variant waarbij de berging gerealiseerd wordt door gecontroleerde overstroming. In dat geval wordt een gebied tijdelijk onder water gezet. Het gebied hoeft niet te worden verworven. Voor het gebruik als overstromingsgebied wordt een schaderegeling getroffen. Wel is grond nodig voor een kade en misschien een afleidende waterloop en/of onderhoudspad. In het onderstaande kader is aangegeven welke aannames daarbij gedaan zijn. De oppervlakte die daarvoor nodig is, wordt afgeleid van de oppervlakte die nodig is voor berging in open water.

Benodigde oppervlakte voor afvoercapaciteit

De afvoercapaciteit van waterlopen kan berekend worden met de formule van Manning. Daaruit kan worden afgeleid dat de afvoercapaciteit bijna kwadratisch toeneemt met de toename van de breedte van de waterloop, ofwel de oppervlakte aan waterlopen (bij gelijkblijvende lengte).

Bij een toename van de afvoercapaciteit van 12 naar 14 mm/dag, wat overeenkomt met een factor 1,17, hoort een verbreding van de waterloop van 1,08. Dat is dus 8% meer.

Aangenomen is dat de verbreding van de waterlopen om de extra afvoercapaciteit te kunnen realiseren alleen nodig is voor de primaire waterlopen en dan slechts voor 50%. Van de andere 50% primaire waterlopen wordt aangenomen dat die in de huidige situatie al overgedimensioneerd zijn. De totale oppervlakte primaire waterlopen in landelijk gebied is ongeveer 2500 ha. Om 2 mm/dag extra afvoercapaciteit te kunnen realiseren, is 8% van 50% van 2500 ha nodig, wat overeenkomt met 100 ha. Voor 1 mm/dag extra afvoercapaciteit in het landelijk gebied is dus 50 ha nodig. De benodigde oppervlakte voor extra afvoercapaciteit voor bebouwd gebied kan op dezelfde manier berekend worden, maar wel naar verhouding van de oppervlakte. In de huidige situatie is het bebouwd gebied 10% van de oppervlakte landelijk gebied. Voor 1 mm/dag extra afvoercapaciteit in het bebouwd gebied is dus 5 ha nodig.

Benodigde oppervlakte voor gecontroleerde overstroming

Aangenomen is dat bij gecontroleerde overstroming een minder dikke waterschijf kan worden geborgen dan bij berging in open water. Daarom is voor berging door gecontroleerde overstroming een vier keer grotere oppervlakte aangehouden dan voor berging in open water. Dat is niet de oppervlakte die verworven moet worden, want de grond kan gewoon voor bijvoorbeeld landbouw worden gebruikt. Wel is grond nodig voor kaden, extra waterlopen en onderhoudspaden.

Aangenomen is dat het om 40 afvoergebieden gaat met in elk afvoergebied één gebied voor gecontroleerde overstroming. Verder is aangenomen dat de lengte-breedte-verhouding 5:1 is en dat langs de omtrek een strook van 7 meter breed moet worden aangekocht. Op basis van die aannames kan worden afgeleid dat de oppervlakte grond die moet worden aangekocht gelijk is aan: $4,8 \cdot \sqrt{A_{\text{open water}}}$.

Bepaling kosten

Door het IPO is een Handreiking opgesteld voor de 'Kosten en kostenopbouw' in de deelstroomgebiedsvisie. In die handreiking staan een aantal afspraken die er toe moeten leiden dat alle deelstroomgebiedsvisies enigszins vergelijkbaar worden. In het kort gaat het om de volgende afspraken:

- De kosten tot 2050 worden globaal in beeld gebracht.
- Voor de periode tot 2015 (het uitvoeringsprogramma) worden de kosten zo concreet mogelijk aangegeven.
- Alle kosten worden in beeld gebracht.
- Uitgaan van het huidige prijspeil en deze kapitaliseren, zodat gerekend wordt met Contante Waardes.
- De inrichtingskosten en beheerkosten worden apart beschouwd en bij de inrichtingskosten worden de grondverwervingskosten als een aparte kostenpost opgevoerd.
- Regionale differentiatie van kosten is mogelijk mits dit goed wordt onderbouwd.

Om dit voor elkaar te krijgen zijn de reeds eerder bepaalde kentallen als uitgangspunt genomen. Verder is gebruik gemaakt van de notitie 'Waterbeheer 21^e eeuw, Inventarisatie gegevens kosten en baten' van de Bouwdienst Rijkswaterstaat. Er is in de eerste plaats uitgegaan van onze 'eigen' kentallen. De vergelijkbare kentallen van de Bouwdienst zijn, ter vergelijking, ook opgenomen. Ontbrekende gegevens zijn uit de notitie van de Bouwdienst gehaald.

N.B. De Bouwdienst gaat uit van een grondprijs van € 6 /m². Dat is aanzienlijk hoger dan waar wij vanuit gaan. Dat verklaart voor een deel de veel hogere kentallen van de Bouwdienst.

In het algemeen kan worden vastgesteld dat er twee soorten maatregelen zijn, te weten berging en afvoeren. Berging is uitgedrukt in m² en de afvoer in m³/min. De kentallen voor de kosten moeten dus bekend zijn voor die eenheden om er gemakkelijk mee te kunnen rekenen.

Kentallen kosten

Bergen in open water

Voor de investeringskosten zijn de eerder gehanteerde cijfers van minimaal € 6,- tot maximaal € 10,- /m² (exclusief inrichting oever en vergoeding werkschade) voor het landelijk gebied gesplitst in inrichtingskosten en grondverwervingskosten door voor de laatste € 3,5 /m² aan te houden. Voor het bebouwd gebied is hetzelfde gedaan, maar dan is voor de grondverwervingskosten € 12,5 /m² aangehouden.

Door de Bouwdienst Rijkswaterstaat worden de kosten (Contante Waarde) voor de aanleg van open water geschat op totaal € 18 /m² (bij een ontgravingsdiepte van ongeveer 1 meter). Dat is zonder onderhoudskosten. Dat is meer dan 2 keer zo veel als onze schatting. Voor een deel zit dat in de grondkosten, maar het grootste deel van die meerkosten wordt door de Bouwdienst zelf verklaard door het grondverzet.

In de Zeeuwse situatie gaat het altijd om relatief kleine werken. Naar verwachting is het grondverzet daardoor relatief veel kleiner en kan met kleiner materieel worden gewerkt. De kosten worden dan ook lager ingeschat dan de kentallen van de Bouwdienst. Rekening houdend met de inrichting van de oever en het vergoeden van werkschade wordt voor de inrichtingskosten uitgegaan van minimaal € 5,- tot maximaal € 10,- /m².

Voor het beheer wordt uitgegaan van twee kostenposten, te weten maaien van slootkanten en baggeren en delven.

Voor het maaien van slootkanten is aangenomen dat de helft van de noodzakelijke extra berging gerealiseerd wordt door verbreding van bestaande waterlopen. Voor die waterlopen levert dat dus geen extra onderhoud in de vorm van maaien op. Voor de andere helft van de oppervlakte berging wordt uitgegaan van een gemiddelde breedte van 5 meter. De jaarlijkse kosten voor maaien van € 0,30 /m (Acronius) kunnen dan omgerekend worden naar € 0,03 /m² (50% van 1/5 van € 0,3).

De kosten van baggeren, inclusief afvoeren, worden geschat op € 0,70 /m² (één keer per 8 jaar). Aangenomen is dat die kosten per oppervlakte waterbodem gelden. De oppervlakte waterbodem is

geschat door voor de helft van de oppervlakte die gerealiseerd wordt door verbreding van bestaande waterlopen de gehele oppervlakte te nemen en voor de andere helft 40% van de gehele oppervlakte. Gemiddeld is dat dus 70% van de totale oppervlakte die nodig is voor berging. De jaarlijkse kosten komen daarmee op € 0,06 /m² (70% van 1/8 van € 0,7). In totaal wordt voor de beheerkosten uitgegaan van € 0,1 /m²/jaar (afgerond naar boven).

Bergen met natuurvriendelijke oevers

Voor de inrichtingskosten en grondverwervingskosten worden dezelfde kentallen aangehouden als voor bergen in open water.

Voor de beheerkosten wordt aangenomen dat die in totaal gelijk zijn aan die van open water. De oppervlakte waterbodem en de lengte oever zullen immers niet veel anders zijn.

Bergen door gecontroleerde inundatie

Voor deze vorm van berging ontbreken tot nu toe kentallen voor de verschillende kosten. Alleen voor het afkopen van schade zijn er kentallen.

Om te kunnen bergen door gecontroleerde inundatie wordt aangenomen dat het betreffende gebied afgebakend moet worden met kades en dat er een kunstwerk (stuw of onderbemaling) nodig is om het in- en uitstromen te kunnen regelen.

De inrichtingskosten bestaan uit de volgende posten:

- Grondverwerving voor de kades.
- Grondverzet voor de kades.
- Graven van nieuwe sloot om het gebied.
- Kunstwerk.
- Afkopen schade.

Om hiervoor kentallen te kunnen schatten moeten een aantal aannames worden gedaan. In de eerste plaats wordt uitgegaan van een benodigde oppervlakte van 25 ha voor een afvoergebied. Die oppervlakte wordt gerealiseerd in de vorm van een gebied met een lengte-breedte-verhouding van 5:1. Daarmee komt de omtrek van het gebied op ongeveer 2680 meter. Aangenomen wordt dat voor de kades een breedte van 7 meter nodig is.

Aangenomen wordt dat het graven van de sloot en het maken van de kades in één slag kan.

Uitgaande van dezelfde kostprijs voor grondverzet als voor het graven van sloten en van een kunstwerk van € 25.000,- komen de inrichtingskosten op minimaal € 0,5 /m² en maximaal € 0,9 /m².

Samen met de afkoopsom van schade resulteert dat in minimaal € 1,5 /m² en maximaal € 2,9 /m².

Voor de grondverwervingskosten is de grondprijs van € 3,5 /m² (bestemd voor de kades) omgerekend naar de totale oppervlakte. Die komt daarmee op € 0,26 /m².

Het beheer bestaat uit het onderhoud van het kunstwerk en het maaien van de kades en het onderhoud van het kunstwerk. Door de bouwdienst van Rijkswaterstaat wordt hiervoor 0,75% van de investeringskosten aangehouden. Als we voor Zeeland ook dat percentage aanhouden dan komen de beheerkosten gemiddeld op € 0,017 /m².

De Bouwdienst komt voor kleine retentiegebieden (daar hebben we het hier over) met een waterhoogte van hooguit 1 meter op een Contante Waarde van € 4,5 /m². Het is niet duidelijk of daar een afkoopsom voor schade in zit, maar vermoedelijk niet. Met onze getallen kom je maximaal op een Contante Waarde van € 2,4 /m² en dat is inclusief het afkopen van schade.

Afvoeren

Voor de inrichtingskosten van extra afvoercapaciteit is uitgegaan van de eerder aangehouden kentallen, zijnde € 5.000,- tot € 18.000,- /m³/min.

Het beheer bestaat uit bouwkundig en mechanisch/elektrisch onderhoud, energie en bediening. Door de bouwdienst van Rijkswaterstaat wordt hiervoor 1,21 % van de investeringskosten aangehouden. Als we voor Zeeland ook dat percentage aanhouden dan komen de beheerkosten gemiddeld op € 140 /m³/min.

De Bouwdienst komt voor een uitbreiding van gemaalcapaciteit met 120 m³/min op een investering van € 18.000,- /m³/min. Naarmate de uitbreiding groter is, wordt de eenheidsprijs lager. Bij een uitbreiding met 900 m³/min komt de investering op € 9.000,- /m³/min.

Contante waarde

De bovengenoemde kentallen zijn omgerekend naar een Contante Waarde. Daarvoor zijn de volgende formules gebruikt:

$$C_w = Y * (1 - (1 + r)^{-p}) / r \quad \text{bij jaarlijkse kosten}$$

$$C_w = \text{Investerings} * (1 + r)^{-te} \quad \text{bij investeringen op een toekomstig tijdstip}$$

C_w = Contante waarde

Y = Jaarlijkse kosten

r = discontovoet (0,04)

p = rekenperiode (50 jaar)

te = tijdstip investering (de helft van de investeringsperiode: aanname de helft van 15 jaar).

Overzicht

	Inrichting		Beheer		Grondverwerving		
Eenheidsprijzen	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Berging lg	5	10	0,1	0,1	3,5	3,5	€/m2
Inundatie	1,5	2,9	0,017	0,017	0,26	0,26	€/m2
Berging bg	5	10	0,1	0,1	12,5	12,5	€/m2
Afvoercap	5000	18000	140	140	0	0	€/m3/min
Contante waarde							
Berging lg	3,7	7,5	2,1	2,1	2,6	2,6	€/m2
Inundatie	1,1	2,2	0,4	0,4	0,2	0,2	€/m2
Berging bg	3,7	7,5	2,1	2,1	9,3	9,3	€/m2
Afvoercap	4502	16207	3008	3008	0,0	0,0	€/m3/min